UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

CAMPUS PARAISO

ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS, UTILIZADAS NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CONCRETO USINADO.

LUÍS CARLOS SIMEI – RA: 911596-3

São Paulo

(2012)

LUÍS CARLOS SIMEI – RA: 911596-3.

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS, UTILIZADAS NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CONCRETO USINADO.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Paulista - UNIP, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Engenharia de Manutenção.

Professor Dr. Sérgio Inácio Ferreira – orientador.

São Paulo

(2012)

Ficha Catalográfica.

SIMEI, Luís Carlos.

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS, UTILIZADAS NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CONCRETO USINADO. – Luís Carlos Simei, 2012.

181 fls. encadernado.

Orientador: Professor Dr. Sérgio Inácio Ferreira.

Monografia (Engenharia de Manutenção).

I. Título. 1. Lubrificação; 2. Manutenção Preventiva; 3. Sistema Hidráulico Móbil; 4. Autobetoneiras de Concreto; 5. Produção e Transporte de Concretos.

LUÍS CARLOS SIMEI – RA: 911596-3.

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS, UTILIZADAS NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CONCRETO USINADO.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Paulista - UNIP, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Engenharia de Manutenção.

Aprovado em:

_____/_____/_______

____

Professor Dr. Sérgio Inácio Ferreira – orientador.

Ao meu Deus, acima de tudo, pela infinita inspiração e motivação, e pela constante proteção em minha vida pessoal, acadêmica e profissional.

À memória de meu pai, meu grande amigo, meu mestre, meu incentivador, meu grande amigo...

AGRADECIMENTOS

Aos mestres do curso de pós-graduação em Engenharia de Manutenção, em especial aos Profs.: Sérgio Inácio, Dr.; Silas Santana, MSc; Irineu S. Barros, MSc.Eng. Paulo S. Sertori; pelo coleguismo, pelo apoio e pelo direcionamento educacional e pedagógico, sem medir esforços na conquista do saber.

Aos colegas de classe, que desde as conversas informais, até as discussões em sala de aula, completaram a dinâmica do aprendizado neste curso, trazendo em pauta novos assuntos, novas tecnologias e estudo de casos, sem dizer do companheirismo e carinho.

À minha família que sempre me apoiou durante os meus estudos, entendendo minhas ausências, diversas, sabendo do árduo trabalho para obtenção deste titulo.

E em especial à minha esposa Shirley, minha grande amiga e companheira, que sempre me apoiou, abrindo mão de inúmeros momentos de lazer e diversão, em prol da conquista de meus ideais e de meus sonhos.

RESUMO.

A indústria nacional como um todo, tem passado por inúmeras, e grandiosas transformações, muitas destas em função das novas e mais intensas exigências, impostas pelo mercado nacional frente a um novo modelo de consumidor, mais consciente, inserido num mundo cada vez mais globalizado e dinâmico. A indústria da construção civil passa por transformações ainda mais bruscas, pois devido ao aumento exponencial de obras civis nos últimos tempos (hidro-geração, edificações, pavimentação, pré-moldagem, etc), tem sua produtividade levada ao limite, sem dizer da preocupação ao atendimento de novos padrões de qualidade, exigidos, de acordo com as novas diretrizes normativas de órgãos diversos (municipais, estaduais, federais e entidades de classe). Uma área componente desta indústria, qual será o principal foco de estudo, e qual passa por tais transformações, é a indústria de produção e logística de concreto dosado, isto é, concreto produzido a partir de usinas dosadoras e misturadoras.

A manutenção como uma das mais importantes áreas que integram as indústrias (todas elas), não fica de fora destas grandes transformações. Esta área acaba por oras sofrendo, e oras se beneficiado destas mudanças, sejam elas técnicas, sejam elas sistemáticas, sem mencionar em termos comportamentais e culturais (no tocante ao time da manutenção). No segmento de produção e logística de concreto dosado, carece de atenção especial, sobretudo no que se diz sua manutenção, pois, é constante o mau dimensionamento de equipes, a incessante busca pela redução de custos, e, sobretudo a extrema necessidade de disponibilidade operacional, exigências estas impostas pela competitividade e dinamismo.

A proposta de estudo aqui apresentada é da avaliação e explanação da importância de seguimento de um plano de manutenção preventiva e preditiva, com foco em inspeção e lubrificação, num grupo de equipamentos componentes nesta indústria. O grupo de equipamentos escolhidos foram as autobetoneiras hidráulicas de concreto. Equipamentos estes fundamentais na produção e distribuição do concreto nas obras, sendo responsável por 65% da produção do concreto (elemento chave na fabricação), e por 100% da distribuição do concreto (elemento chave na logística).

O presente trabalho visa demonstrar os principais conceitos de manutenção, e de suas aplicações nessa indústria, assim como os conceitos técnicos envolvidos, assim como áreas de conhecimento correlatas.

PALAVRA CHAVE: Autobetoneiras, Sistema Hidráulico, Manutenção Preventiva, Lubrificação, Equipamentos de Produção e Transporte de Concretos.

ABSTRACT.

The national industry as a whole has gone through many and great changes, many of these as new and more intense demands imposed by the national market in the face of a new consumer model, more aware, inserted in an increasingly globalized and dynamic. The construction industry is going through transformations even more abrupt, because due to the exponential growth of civil works in recent times (hydro-generation, buildings, paving, pre-forming, etc), their productivity is pushed to the limit, saying the concern to meeting new quality standards, required in accordance with new regulatory guidelines of various agencies (local, state, federal and professional associations). An area component of this industry, what will be the main focus of study, and what passes for such changes is the production and logistics industry dosed concrete, concrete produced from mixing and dosing plants.

Maintenance, like one of the most important areas that make up the industry (all), is not left out of these great transformations. This area ends up hurting you pray, you pray and benefited from these changes, whether they are technical, they are systematic, not to mention in terms of behavioral and cultural (for the maintenance team). In the segment of production and logistics of concrete dosed, requires special attention, especially when it says its maintenance, then, is the constant mis-sizing of teams, the ceaseless quest for cost reduction, and in particular the urgent need for operational availability, these requirements imposed by the competitively and dynamism.

The proposed study presented here is the evaluation and explanation of the importance of following a plan for preventive and predictive maintenance, focusing on inspection and lubrication, a group of equipment components in this industry. The equipment group were chosen mixers hydraulic concrete. Equipment which are essential in the production and distribution of concrete in the works, accounting for 65% of the production of concrete (key element in manufacturing), and 100% of the distribution of the concrete (key element in the logistics).

The present work aims to demonstrate the main concepts of maintenance and its applications in the industry, as well as the technical concepts involved, as well as related areas of knowledge.

KEYWORD: Mixer Trucks, Hydraulic System, Preventive Maintenance, Lubrication, Equipment Concrete Production and Transport.

SUMÁRIO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.

LISTA DE TABELAS.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESC – Associação Brasileira do Estudo do Concreto**.**

ABCP – Associação Brasileira do Cimento Portland.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**.**

ANSI – American National Standards Institute.

API – American Petroleum Institute.

CAD – Concreto de Auto Desempenho.

CDC – Central Dosadora de Concreto.

CMC – Central Misturadora de Concreto.

CB – Caminhão Betoneira (Autobetoneira de Concreto).

CEP – Controle Estatístico do Processo.

DIN – Deutsches Institut für Normung.

EN – Euro Norms.

EPV – É um processo de pintura eletroforética-catódica onde as carroçarias são submetidas a um sistema basicamente composto por um tanque de imersão de tinta catódica, anéis spray para lavagem, tanque de imersão para lavagem (filtrado) e secador para cura.

ERP – Enterprise Resource Planning – Software Integrado de Gestão para o Planejamento dos Recursos da Empresa.

EP – Aditivo Extrema Pressão.

FSP – Folha de Solução de Problemas.

GQT – Gestão pela Qualidade Total.

MCC* – Manutenção Centrada na Confiabilidade.

MCC** – Material Componente do Concreto.

H – Óleo hidráulico Puro.

HL – Óleo Hidráulico com Aditivos.

HLP – Óleo Hidráulico com Aditivo EP.

HLPD – Óleo Hidráulico com Detergentes.

HVI – Alto Índice de Viscosidade (High Viscosity Indice).

HVLP – Óleo hidráulico com Alto Índice de Viscosidade.

IV (VI) – Índice de viscosidade.

ISO – International Standard Organization (Organização Internacional de Normalização).

LVI – Baixo Índice de Viscosidade (Low Viscosity Indice).

MVI – Médio Índice de Viscosidade (Medium Viscosity Indice).

NFPA – National Fluid Power Association.

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção.

SAE – Society of Automotive Engineers.

SIGM – Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção.

GLOSSÁRIO TÉCNICO

Aço estrutural – Classe de aços carbonos especiais, laminados a quente (geralmente apresentados como chapas grossas e perfis pesados), utilizados na fabricação e montagem de estruturas. Possuem, devido à composição química e particularidades de processo de produção, propriedades especificas, como: alta resistência ao escoamento, resistência ao desgaste, resistência à corrosão e resistência a erosão (famílias: COSARCOR, CORDUR, CORTEM, SAC, SAF).

Análise de Falhas – Metodologia para identificação e solução de falhas e problemas diversos, tanto para os encontrados em processos como de produtos.

Brainstorming – reuniões realizadas por um grupo multidisciplinar, que tem um objetivo pré-determinado, definindo assim planos de ação indo de encontro ao objetivo.

Housekeeping – governo da casa, organização da casa. É o ambiente do trabalho que proporciona a qualidade no trabalho.

Just-in-time – Termo técnico, traduzido de forma simplória: “Apenas no momento”, empregado como uma ferramenta componentes do sistema de gestão logístico e da produção, que tem como principio fornecer, dispor, no processo, os recursos ou insumos necessários apenas no momento correto da cadeia, eliminando assim estoques indevidos e indesejáveis, reduzindo de forma significativa custos e desvios.

Kanban – trata-se de uma ferramenta de produção, qual tem origem da palavra japonesa que significa, literalmente, registro ou placa visível. Em Administração da produção significa um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria. O cartão pode ser substituído por outro sistema de sinalização, como luzes, caixas vazias e até locais vazios demarcados.

Lean Manufacturing – traduzível como manufatura enxuta, mas também chamado de Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimento e defeitos). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. As ferramentas "lean" incluem processos contínuos de análise (kaizen), produção "pull" (no sentido de kanban) e elementos/processos à prova de falhas (Poka-Yoke).

FCk – trata-se de um índice de resistência, característica do concreto à Compressão. O FCk é um dos dados utilizados no cálculo estrutural, e sua unidade de medida é o MPa (Mega Pascal). O cálculo de uma estrutura de concreto é feito com base no projeto arquitetônico da obra e no valor de algumas variáveis, definida pelo calculista.

NBR 5462/1994 – Norma brasileira que aborda sobre “Confiabilidade e Mantenabilidade”.

1. INTRODUÇÃO

Com base no estudo da bibliografia acerca do tema, fica evidenciado que a indústria da construção civil, em função de inúmeras transformações ocorridas ao longo dos anos – muitas destas ocorridas naturalmente por força do mercado – sempre em função da competitividade e da busca pela otimização e maximização dos resultados; tem exigido cada vez mais de um nível de profissionalização ímpar. Esta profissionalização é esperada não somente em suas áreas principais de atuação (engenharia, projetos, fabricação, conservação, pericias), mas, sobretudo na manutenção, como principal área de apoio (e objetivo deste estudo) à indústria da construção civil, pois é a área responsável pela promoção e garantia de recursos (equipamentos, instrumentos e acessórios), garantindo o atendimento aos modos do *Just-in-time*[1] nas etapas das obras. Esta escassez de recursos, e significativo atraso tecnológico, são decorrentes de um crescimento que, diga-se de passagem, exponencial, muito marcante num país de desenvolvimento contínuo nestes últimos 20 anos, onde há um conhecido déficit habitacional.

Segundo estudo realizado pelo CBIC (2008):

> [...] "Em 2008, o déficit habitacional estimado corresponde a 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões, ou 83,5%, estão localizados nas áreas urbanas (tabela 3.1). Em relação ao estoque de domicílios particulares permanentes do país, o déficit corresponde a 9,6%, sendo 9,4% nas áreas urbanas e 11% nas rurais. Na comparação entre 2008 e a estimativa recalculada de 2007 (veja capítulo 7 desta publicação), houve queda de 442.754 unidades habitacionais no montante considerado como déficit habitacional no Brasil".

E não só no campo habitacional, temos como marca de atuação desta indústria, a pavimentação, pois também é de ciência o apelo para a promoção de novas rodovias e viadutos, assim como recuperação dos aparelhos já existentes,

1. Just-in-time: Tradução do inglês, genérica: "Apenas no tempo correto". JIT - Termo usado para indicar que um processo é capaz de responder instantaneamente à demanda, sem necessidade de qualquer estoque adicional, seja na expectativa de demanda futura, seja como resultado de ineficiência no processo. Com relação ao JIT, o processo, em última análise, é representado por uma completa rede de eventos, incluindo tanto produtos quanto serviços, que resulta na resposta a uma dada necessidade. O processo começa com a produção inicial de matéria-prima e termina com a satisfação das necessidades do usuário final. Embora seja essencialmente estudada sua aplicação em produção, e sua raiz tenha originalmente sido plantada nesta área, outras áreas tem se utilizado do jargão para atendimento à cronogramas e processos diversos, sem retrabalhos.

marcante numa matriz de transporte essencialmente rodoviário.

Sem contar da correlação direta ao concreto dosado, que nesta área há grandes incentivos na utilização deste material, em grandes rodovias, devido à confiabilidade e a vida útil elevada deste material, como substituto da massa quente asfáltica.

É evidente a ausência de procedimentos específicos na área de manutenção das indústrias num geral, e na construção civil essa deficiência se intensifica e torna-se evidente. Fica clara a necessidade de acompanhamento e de obtenção de grandes esforços, para a promoção de resultados significativos, na padronização dos trabalhos, na busca pela qualidade, na extirpação de retrabalhos e na busca pela redução de custos. Sem dizer na busca pelo desempenho, onde a palavra chave é a disponibilidade operacional, onde a necessidade de alocar os recursos no momento exato, no local exato e com máxima confiabilidade.

Segundo NASCIF (2002):

> [...] “A grande maioria das Empresas que buscam desempenho no mercado, com uma cota de participação estável ou crescente, devem ter um desempenho classe mundial. Isso significa caminhar de um determinado desempenho para o melhor desempenho. O caminho que se percorre de uma para outra situação deve ser balizado por indicadores que permitem uma quantificação e acompanhamento dos processos, banindo a subjetividade e propiciando as correções necessárias. Ou seja, os indicadores são dados chaves para a tomada de decisão.”

Uma das indústrias componentes e ao mesmo tempo aliada da indústria de construção civil, que também pode ser considerada noutras vezes como fornecedora direta, é a de produção e logística de concreto dosado, isto é, indústria responsável pela fabricação, industrialmente, do concreto em centrais chamadas Centrais Dosadoras de Concreto (ou Centrais Misturadoras de Concreto). Esta área carece de atenção especial, sobretudo no que se diz manutenção, pois, é constante o mau dimensionamento de equipes de manutenção, escassez de recursos diversos, a busca incessante pela redução de custos e despesas, e necessidade intrínseca pela disponibilidade operacional.

Devido a esta mudança de comportamento esperada, de uma nova atitude organizacional, a manutenção deve atuar de forma planejada e programada, em perfeita sinergia ao processo produtivo. Fica evidente então a necessidade de atendimento a uma metodologia de trabalho de intervenção, preventiva, com grande

foco na lubrificação e na inspeção, de modo a garantir a máxima confiabilidade dos equipamentos, e garantindo assim a maior disponibilidade operacional.

1.1 A Importância da Lubrificação e Manutenção Preventiva em Autobetoneiras Hidráulicas.

A proposta de estudo aqui apresentada é da avaliação e explanação da importância de seguimento de um plano de manutenção preventiva e preditiva, com foco em inspeção e lubrificação, num grupo de equipamentos componentes da indústria de produção e logística de concreto, de modo que se possam assegurar alguns fatores influenciadores, tais como: qualidade, segurança, operacionalidade, e principalmente a disponibilidade operacional. O grupo de equipamentos escolhidos foram as autobetoneiras hidráulicas de concreto.

As autobetoneiras hidráulicas são equipamentos móveis, constituídos de uma betoneira, movida hidraulicamente, montadas sobre caminhões de transporte, devidamente projetadas para tal finalidade. Estes equipamentos são utilizados para a mistura e o transporte de cargas perecíveis na construção civil, geralmente o concreto (quase que 99%, já que também podem ser utilizadas para produção e logística de argamassas e outros materiais), sempre obedecendo às normas nacionais e internacionais. A autobetoneira, ou betoneira (assim denominado também no meio da construção civil, coloquialmente), deve obedecer à capacidade máxima de volume definido pelo fabricante, e de peso máximo definido pelos orgãos de trânsito, e aos requisitos estruturais e de acessórios de mistura, definidos e regulamentados pelas normas de produção de concreto. Tais equipamentos são fundamentais na produção e distribuição do concreto nas obras, sendo responsável por 65% da produção do concreto (elemento chave na fabricação), e por 100% da distribuição do concreto (elemento chave na logística).

No Brasil, as indústrias de produção de concreto dosado têm utilizado de um método mais tradicional de produção do concreto, sendo adotado o modelo de central, do tipo Central Dosadora de Concreto. Estas centrais têm a função exclusiva de dosar as quantidades (volume e massa) de materiais componentes, chamados de MCC (Materiais Componente do Concreto), quais compõem: agregados, cimentos, aditivos, água; diretamente nas autobetoneiras, e estas se encarregam de efetuar a mistura, propriamente dita, e posteriormente a distribuição (entrega) deste material nas obras.

Sabe-se que a manutenção preventiva destes equipamentos é muitas vezes deficiente (oras ausente), e nas ocorrências de quebras ou panes, há um contratempo de enorme proporção, tais como: grande impacto financeiro e patrimonial (autobetoneiras são equipamentos de alto custo de aquisição e de manutenção), ambientais (vazamento de óleos e concretos), legais (de trânsito) e de segurança (ao pessoal operacional, ao público, já que estas trafegam nos grandes centros).

Todos os equipamentos hidráulicos, independente das suas aplicações e operações, estão sujeitos a ver degradadas as suas condições normais de operação, devido a fatores diversos, como: falhas na operação, falhas de projeto, falha de materiais, falhas devido fadiga, contaminações, etc. É missão da área de manutenção recompor essa operacionalidade em níveis corretos, e garantir o rendimento dos investimentos feitos, prolongando ao máximo a sua vida útil e mantendo os equipamentos em operação o máximo de tempo possível, reduzindo danos, como: secagem do concreto no interior do balão, vazamentos de óleo, vazamentos de concreto, paradas em via pública, soltura de peças na via, etc.

1.2. O problema.

A disponibilidade operacional é o grande fator que move esta área, já que no caso de paradas inesperadas destes equipamentos, a produção e distribuição do concreto é afetada de forma expressiva.

Essas paradas podem ainda interferir de forma negativa na área legal (congestionamento) do trânsito das grandes cidades, meio-ambiente e segurança do trabalho.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo Geral

Divulgar e conscientizar da importância da manutenção preventiva e da lubrificação dos equipamentos autobetoneiras hidráulicas, utilizadas na produção e distribuição de concreto usinado, assim como estabelecer os parâmetros e especificações técnicas, para estas intervenções.

1.3.2. Objetivo Específico

Aumentar a disponibilidade operacional deste grupo de equipamentos, reduzindo ao máximo as paradas não programadas, e mitigando os impactos dessas, quando da ocorrência natural.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA.

2.1. A indústria de produção e distribuição de concreto no Brasil.

Assim como informado e definido pela ABESC (2007), o concreto é um dos materiais da construção mais utilizados em nosso país, em obras diversas (pavimentação, edificações, pré-moldagem, hidro-geração, etc.). A busca constante pela qualidade, a necessidade da redução de custos operacionais e a racionalização dos recursos nos canteiros de obras, fazem com que o concreto dosado em central, seja cada vez mais utilizado.

Entre as vantagens de se aplicar o concreto dosado em central, destacam-se 5 (cinco) fatores:

1. Eliminação das perdas de agregados (areia, britas e cimento) e água;
2. Racionalização do número de operários da obra, com consequente diminuição dos encargos sociais e trabalhistas;
3. Maior agilidade e produtividade da equipe de trabalho;
4. Garantia da qualidade do concreto graças ao rígido controle adotado pelas centrais dosadoras;
5. Redução no controle de suprimentos, materiais e equipamentos, bem como eliminação das áreas de estoque, com melhor aproveitamento do canteiro de obras.

O concreto pode ser rodado manualmente, assim como era comumente utilizado há anos, e como a maior parte da população tem conhecimento, muitas vezes utilizando-se de pequenas betoneiras, em obras domésticas. Seus inconvenientes são inúmeros, sendo os mais expressivos: a baixa confiabilidade, a morosidade de mistura, a heterogenização e a baixa resistência.

No geral, concreto dosado em central é o concreto produzido industrialmente, elaborado pelas empresas prestadoras de serviços de concretagem (concreteiras), ou em obras de grande porte, onde são instaladas centrais dosadoras de pequeno porte, chamadas de centrais móveis (ou centrais de canteiro). A dosagem dos MCCs (materiais componentes do concreto), chamados de agregados (britas, areia artificial e areia natural) e cimento, juntamente com a água e os aditivos, são feitos de forma controlada (por volume e por massas), seguindo normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas através do CB-18 -

Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados. Existem diversas normas que regulamentam o concreto, sendo que para a produção especifica, é utilizadas e seguidas às seguintes normas ABNT:

1. NBR 6118 (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado);
2. NBR 7211 (Agregados para o concreto – Especificação);
3. NBR 7212 (Execução do Concreto Dosado em Central);
4. NBR 11768 (Aditivos para o concreto de Cimento Portland – Especificação);
5. NBR 12654 (Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto);
6. NBR 12655 (Preparo, Controle e Recebimento de Concreto);
7. NBR 8953 (Concreto para Fins Estruturais – Classificação por Grupos de Resistência);
8. NBR NM 67 (Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone).

No Brasil, em 2009, foram produzidos cerca de 35,5 milhões de m³ de concreto em central, segundos dados da ABCP – Associação Brasileira do Cimento Portland. A perspectiva de produção anual para 2012 já está em torno de 48 milhões de m³, muito em função das diversas obras do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), do governo federal, e demais outras obras de expansão, como: de rodovias, obras hidráulicas, habitação e construções no geral, e, sobretudo em função dos maciços investimentos em infraestrutura, decorrentes dos eventos que ocorrerão em 2014 e 2016, Olimpíadas Mundiais e Copa do Mundo de Futebol, respectivamente.

Atualmente, o país atravessa uma fase de substituição dos processos elementares de preparo do concreto em obra (o concreto rodado em obra), pela utilização dos serviços especializados de concretagem, os quais representam um processo evolutivo da construção civil não só no Brasil, como em todo mundo (CONSTRUÇÃO MERCADO, 2003; TÉCHNE, 2009).

2.2. Centrais de concreto.

No Brasil, as empresas de concretagem utilizam-se de um processo de produção de concreto mais tradicional, dotado de uma sistemática simplória (muitas vezes entendida até como obsoleta), muito em função dos baixos custos iniciais de aquisição, e dos investimentos com infra-estrutura quase inexpressíveis. Aliado a

estes fatores de custeio, uma inexistência cultura de obsolescência paira sobre a área da construção civil em geral, sem dizer da comodidade em relação ao tipo de produto, o concreto, que tolera grandes interferências; sendo assim, o apelo tecnológico para com os equipamentos envolvidos no processo acabam sendo deixados de lado, como um “item a mais”.

Na prática, porém, evidencia-se uma necessidade crescente com relação aos fatores adjuntos a produção, que no dia-a-dia perseguem o operacional e a manutenção, como a indisponibilidade (tanto em relação a frota como CDCs, os atrasos de carga, desvios de pesagem, até no resultado final – concreto com baixa resistência.

Contudo, observando o atual cenário, num geral, verifica-se a existência de basicamente 3 (três) métodos de produção do concreto, em relação ao tipo de centrais, com configurações de equipamentos diferentes para cada uma. São: **Centrais Misturadoras de Concreto, Centrais Misturadoras de Alta Produção (Planetárias) de Concreto e Centrais Dosadoras de Concreto.**

Vale lembrar que para todos os modelos de centrais, independentes da aplicação, formato, disposição e configuração de equipamentos, tem-se a necessidade de atendimento pleno ao estabelecido na ABNT NBR 7212 (Execução do Concreto em Central), independente do tipo de central e do tipo e meio de transporte.

A central de concreto, no entanto é muito mais que um grupo de equipamentos, e sim um conglomerado de instalações e equipamentos, necessários para o armazenamento, manuseio, proporcionalmente e carregamento dos materiais constituintes, homogeneização da mistura, transporte e lançamento do concreto, além das áreas componentes do negócio, como: administração, vendas, faturamento, cobrança, programação, controle de qualidade, assessoria técnica, treinamento e aperfeiçoamento profissional, e RH.

São 3 (três) os modelos de configuração de equipamentos, e processo, mais utilizados na produção de concreto. São eles:

2.2.1. Centrais Misturadoras de Concreto – CMC.

Processo: este tipo de central é formado basicamente por:

1. Unidade misturadora do tipo pás-misturadoras;
2. Caixas de pesagem (cimento e agregados);
3. Silos de cimento (geralmente de 1 a 3 silos);

4. Silos de agregados (geralmente de 4 a 6 divisões nos silos);
5. Transportadores (por correias e/ou por roscas helicoidais);
6. Sistema de abastecimento e dosagem de água;
7. Sistema de abastecimento e dosagem de aditivos;
8. Sistema de gerenciamento de pesagem e carregamento (manual ou automatizado).

Os MCCs são pesados e dosados em balanças especificas, e direcionados ao misturador (uma máquina formada por pás misturadoras horizontais, movidas hidraulicamente por um conjunto motor hidráulico-redutor). Após dosados os materiais, e adicionado água e aditivos, é então efetuada a mistura destes materiais, até a obtenção da homogeneidade, formando então concreto. O concreto já misturado pode ser pesado novamente (a pesagem neste momento é do produto já pronto) e despejado nas autobetoneiras (ou ainda em caminhões caçambas). Estas centrais são do tipo fixo, muito utilizado em obras rodoviárias (de localização próxima), ou para produção de concretos em geral.

Produção: de 25 à 80 m³/h.

Produto: concreto usinado;

Aplicação: concretos simples e especiais, utilizados em obras civis em geral (edificações, obras hidráulicas, etc).

Figura 1. Central Misturadora de Concreto (CDC).

Fonte: *Catálogo Mundial SCHWING STETTER S/A (2008).*

Figura 2. Unidades Misturadoras de Concreto.

Fonte: *Catálogo série BMH, BETONMAC Ind. e Com. De Equipamentos Ltda..*

2.2.2. Centrais Dosadoras de Concreto – CDC.

Processo: este tipo de central é formado basicamente por:

1. Caixas de pesagem (cimento e agregados);
2. Transportadores (por correias ou por roscas helicoidais);
3. Silos de cimento (geralmente de 1 a 3 silos);
4. Silos de agregados do tipo “P” (geralmente de 4 a 6 divisões), ou do tipo “caixa-suspensa” (geralmente de 4 divisões);
5. Sistema de abastecimento e dosagem de água;
6. Sistema de abastecimento e dosagem de aditivos;
7. Sistema de gerenciamento de pesagem e carregamento (manual ou automático).

Há ainda centrais do tipo Tow Go, onde não há abastecimento automático, e a pesagem é feito de modo manual, passo-a-passo, depositando os materiais com pá carregadeira um a um.

Os MCCs são pesados nas caixas de pesagem, e diretamente dosados nos balões das autobetoneiras, em conjunto com a água e aditivos. Nos balões destas por sua vez, farão a mistura correta dos materiais, para formação do concreto, no interior dos balões da betoneira. Estas centrais podem ser do tipo fixo, ou ainda do tipo móveis. A grande diferença destas centrais do tipo móveis, com base nas do tipo fixo, é pelo fato que as bases destas estejam apoiadas sobre carretas de transporte, do tipo hidro-pneumáticas, e no ato de estacionamento para montagem/instalação da

central, esta instalação se faz por meio de “bases patolas”, com acionamento vertical, mecânico ou hidráulico.

As centrais do tipo móveis são muito utilizadas em canteiros de obras de média e longa duração (com duração de até 1 ano de obra), e as fixas são montadas em unidades fabris, instaladas geralmente e grandes centros urbanos.

Produção: de 30 à 120 m³/h.

Produto: concreto usinado;

Aplicação: concretos simples e especiais, utilizados em obras civis em geral.

Figura 3. Central Dosadora de Concreto (CDC), do Tipo Caixa P5.

Fonte: *Engemix Votorantim Cimentos S/A.*

Figura 4. Central Dosadora de Concreto (CDC), do Tipo Caixa Suspensa.

Fonte: *Catálogo Mundial SCHWING STETTER S/A (2008).*

Figura 5. Central Dosadora de Concreto (CDC), do Tipo Tow Go.

Fonte: *Engemix Votorantim Cimentos S/A.*

2.2.3. Centrais Misturadoras Planetária de Concreto.

Processo: este tipo de central é formado basicamente por:

1. Unidade do tipo misturadora do tipo planetária;
2. Caixas de pesagem (cimento e agregados);
3. Silos de cimento (geralmente de 1 a 5 silos);
4. Silos de agregados (geralmente de 3 a 6 divisões);
5. Transportadores (geralmente por correias);
6. Sistema de abastecimento e dosagem de água;
7. Sistema de abastecimento e dosagem de aditivos.

Neste tipo de central, os MCCs, água e o aditivo, são pesados e dosados diretamente no misturador planetário (uma máquina formada por pás misturadoras – sendo uma pá fixa, com rotação em seu eixo, e uma pá móvel, com rotação total em torno do tambor de mistura). Na medida em que o material, semi-seco, vai se homogeneizando, a água é dosada de forma fracionada, diretamente na massa.

O concreto depois de misturado (pronto) é vertido em moldes especiais (geralmente refrigerados) previamente preparados conforme os formatos desejados (perfis, tubos, vigas, blocos, bloquetes, etc). Nos casos de tubos hidráulicos, e de estacas pré-moldadas, há o recurso de aplicação de moldes giratórios, chamados de moldes centrífugos.

Produção: de 35 à 70 m³/h.

Produto: concreto pré-moldado;

Aplicação: fabricação de perfis e formatos moldados, utilizados em obras de pré-fabrico.

Figura 6. Central Misturadora Planetária de Concreto.

Fonte: *RETIAGO Ind. e Com. De Máquinas e Motores.*

Figura 7. Infograma de uma Central Misturadora Planetária, para Fabricação de Pré-moldados.

Fonte: *QGM Concrete Company, disponível em: http://www.concretemachinery.com.pt/3b-semi-automatic-production.html*

O modelo de central de concreto adotado no Brasil é o de menor custo, do tipo Central Dosadora de Concreto, qual se utiliza de autobetoneiras para a mistura do concreto. Isto tem gerado muitos questionamentos por parte dos tecnologistas de concreto, pois se acredita que a central misturadora possa garantir um concreto de melhor qualidade, devido a homogeneidade da mistura deste, segundo afirma BORGES (2009).

E segundo o fabricante de autobetoneiras e de centrais de produção de concreto, SCHWING STETTER (2009), líder mundial neste segmento, alguns pontos podem estar associados ao fato de que no Brasil se utilize apenas autobetoneiras como equipamento de mistura, e não centrais misturadoras, como:

1) Falta de espaço nas empresas ou na obra para locação das centrais estacionárias misturadoras;

2) Alto custo para aquisição destas centrais misturadoras;

3) Funcionalidade das autobetoneiras, pois promove a mistura e o transporte em um único equipamento (economia com custos de aquisição, mobilização e manutenção);

4) Falta de informação em relação aos benefícios das centrais misturadoras, como a otimização do processo de mistura, a redução do consumo de cimento, além dos ganhos de qualidade no concreto;

5) E por fim, e não menos importante, a legislação vigente pode ser também um dos fatores que limita o uso de centrais misturadoras.

2.3. O concreto.

Segundo ROMANO (2006), o Concreto é uma mistura, em determinadas proporções controladas, de 5 (cinco) componentes básicos:

1. Aglomerantes (cimento);
2. Agregados miúdos (areias e derivados);
3. Agregados graúdos (britas, e outros agregados);
4. Aditivos;
5. Água.

Historicamente, os romanos foram os primeiros a usar uma versão deste material conhecida por *pozolana*[2]. No entanto, o material só veio a ser desenvolvido e pesquisado no século XIX.

Quando armado com ferragens passivas, isto é, sem pré-cargas, quais servirão apenas para suporte das cargas da construção, recebe o nome de concreto armado; e quando for armado com ferragens ativas, isto é, com aplicação de pré-cargas para resistência de cargas de grande porte, recebe o nome de concreto protendido.

Sua resistência e durabilidade dependem diretamente da proporção entre os materiais que o constituem. A mistura entre os materiais constituintes é chamada de dosagem ou traço.

2.3.1. O cimento.

O aglomerante usualmente empregado no concreto é o cimento Portland, embora possam ser empregados outros tipos de cimento. O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica. O cimento pode ser definido como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Com a adição de água, se torna uma pasta homogênea, capaz de endurecer e conservar sua estrutura, mesmo em contato novamente com a água.

As matérias primas do cimento são basicamente: calcário, argila, gesso, xisto e outros materiais, quais são denominados de adições extras. A sua fabricação exige grandes e complexas instalações industriais, como um possante forno giratório que chega a atingir temperaturas próximas a 1500ºC.

No mercado existem diversos tipos de cimentos, sendo que muitos deles têm aplicações especiais, com restrições. A diferença entre eles está na composição, mas todos atendem às exigências das Normas Técnicas Brasileiras. Cada tipo tem o nome e a sigla correspondente estampada na embalagem, para facilitar a identificação.

Os tipos de cimento adequados aos usos gerais são os seguintes, conforme tabela abaixo:

Tipo	Classes Resist. (MPa)	Composição (%)				Norma Brasileira
		Clínquer + Gesso	Escória Alto-forno	Pozolana	Fíler	
CP I	25 32 40	100	0			NBR 5732
CPI-S		95-99	1-5			
CP II-E	25 32 40	56-94	6-34	0	0-10	NBR 11578
CP II-Z	25 32 40	76-94	0	6-14	0-10	
CP II-F	25 32 40	90-94	0	0	6-10	
CP III	25 32 40	25-65	35-70	0	0-5	NBR 5735
CP IV	25 32	45-85	0	15-50	0-5	NBR 5736
CP V-ARI	-	95-100	0	0	0-5	NBR 5733
CP V-ARI RS	-	*	*	*	0-5	NBR 5737

* CP V-ARI RS admite adição de escória ou material pozolânico, porém a NBR-5737 (Cimentos Portland resistentes a sulfatos) não fixa limites.

Tabela 1. Tipos de Cimento Portland, mais utilizados.

Fonte: *Itambé Cimentos S/A (2010).*

2. Pozolanas ou pozzolana (do italiano pozzolana ou pozzuolana): é o nome derivado da localidade italiana de Pozzuoli, nas imediações do VesúvioVesúvio , onde é encontrada em cinzas vulcânicas, conhecidas por cinzas pozolânicas ou pumicite. Embora a designação se tenha alargado a materiais produzidos industrialmente, ou derivados de cinzas volantes de processos de queima industrial, na sua origem as pozolanas são rochas de origem vulcânica, constituídos por uma mistura mais ou menos homogénea de materiais argilosos, siltes e areias, com maior ou menor agregação, resultantes da alteração pelos agentes atmosféricos de materiais vulcânicos ricos em sílica não cristalina , com destaque para a pedra-pomes.

2.3.2. Agregados.

Os materiais inertes do concreto são designados por agregados, que quando classificados conforme granulometria (dimensões) recebem as denominações de agregados graúdos ou agregados miúdos.

O agregado graúdo mais frequente é a pedra britada, ou somente brita, com tamanhos variados (0, 1, 2, 3, 4 e 5). São as dimensões conforme tipo:

A. Brita 0 → 4,8 a 9,5 mm;
B. Brita 1 → 9,5 a 19 mm;
C. Brita 2 → 19 a 25 mm;
D. Brita 3 → 25 a 50 mm;
E. Brita 4 → 50 a 76 mm;
F. Brita 5 → 76 a 100 mm.

No entanto para a concretagem por bombeamento do concreto, o pedregulho (ou pedrisco) é o material mais adequado.

A pedra britada mais utilizada no fabrico de concreto, pode ser classificado em 2 (dois) tipos básico, conforme a constituição mineral e morfologia:

1) **Seixo rolado de rios, cascalho ou pedregulho** – Os seixos rolados são encontrados na natureza, e encontram-se de forma esferoidal a laminar;
2) **Pedra britada (ou brita)** – A pedra britada, ou simplesmente brita, é obtida pela britagem mecânica de determinadas rochas duras. São basicamente formadas por calcário e basalto, e seu tamanho e morfologia variam muito, e têm grande influência na qualidade do concreto.

No entanto situações especiais poderão existir, levando-se em conta as particularidades das peças as quais serão concretadas, formato da peça (forma), resistência da peça ou da estrutura, peso da estrutura, etc. Sendo assim, outros agregados poderão ser utilizados para atendimentos as propriedades adicionais especificas, como: fibras de aço, argila expandida, vermiculita, hematita, barita, etc. E também poderão ser utilizados agregados sintéticos especiais, como: fibras de nylon, polipropileno, polietileno, buna “N”, vidro, isopor, etc.

O agregado miúdo mais utilizado na produção do concreto é a areia. Esta areia utilizada no concreto é chamada de “areia de rio”, pois a mesma é obtida pelo dragueamento de leitos e margens de rios, ou em bancos de areia. Esta areia é de base de dióxido de silício, mas ainda pode conter resquícios de quartzo e basalto, qual varia muito em função da localidade. A areia deve ter grãos duros, e assim

como a brita, ela também precisa estar limpa e livre de torrões de barro, galhos, folhas e raízes antes de ser usada.

As normas NBR 7211/83, classifica a areia, segundo o tamanho e com seu módulo de finura (M.F.). Esta norma toma como base a escala *Wentworth,* e podemos classificar as areias em:

- **A.** Muito grossa (pedrisco) → M. F. > 3,90;
- **B.** Grossa → 3,90 > M. F. > 3,30;
- **C.** Média → 3,30 > M. F. > 2,40;
- **D.** Fina → 2,40 > M. F.

Há ainda outro tipo de areia, também muito utilizada na fabricação do concreto, porém de obtenção diferente da areia comum (areia de rio). A esta areia chamamos de “areia artificial”, pois a mesma não é encontrada diretamente, livremente, e sim como um subproduto da britagem, para obtenção da brita. Como resultante, o pó residual, quando submetido a uma escala granulométrica como da escala de *Wentworth*, temos a areia artificial. Esta areia e composta basicamente de calcário e basalto.

2.3.3. Aditivos.

Nos concretos em geral, são utilizados alguns compostos químicos, chamados de aditivos especiais. Estes aditivos são polímeros sintéticos ou substâncias de origem orgânica, e a função de prover determinadas propriedades físicas especiais aos concretos, como: reduzir o tempo de pega, melhorar a resistência a tração ou compressão, melhorar a resistência à baixas temperaturas, tolerância à ambientes agressivos (clorados ou sulfatados), etc.

Os aditivos mais utilizados são:

- Retardadores de pega;
- Aceleradores de pega (isentos de cloretos);
- Super-plastificantes (e/ou hiper-plastificantes);
- Incorporadores de ar;
- Impermeabilizantes;
- Hidrofugantes;
- Pigmentos;
- Entre outros.

Outras adições ainda são possíveis, muitas delas para melhorar a resistência, como a utilização de outros tipos de aglomerantes: sílica ativa, metacaulim, pozolanas, etc.

2.3.4. Água.

A água a ser utilizada no concreto deve ser limpa e livre de elementos estranhos suspensos, como: partículas de barro, pedaços de galhos, folhas e raízes; e de elementos químicos, como óleos, graxas, solventes e ácidos. O pH da água a ser utilizada também é de suma importância. Este deve girar em torno de 7,0 a 11,5 - indo de neutra à média básica. A água com teores ácidos, abaixo de 7,0, deve ser evitada a todo custo, já que teores de ácido elevados decompõem o aglomerante (argamassa de areia + cimento), causando a desagregação do mesmo – soltura dos agregados na matriz de cimenticia, qual este as envolve no concreto.

O pH da água pode ser facilmente corrigido por meio de reguladores de pH sintéticos, ou mesmo com a adição de carbonato de cálcio ($CaCO_2$).

2.3.5. Os tipos de concreto.

A princípio, o concreto em estado fresco permite ser moldado nas mais diversas formas, texturas e finalidades. Porém, um concreto com qualidade necessita de vários cuidados. Vai desde a escolha de seus materiais, a determinação de um traço que garanta a resistência e a durabilidade desejada, a homogeneização da mistura, sua correta aplicação e adensamento até a cura adequada, que garante a perfeita hidratação do cimento, demonstra a CORTESIA (s/d) em seu MANUAL DE CONCRETAGEM CORTESIA.

Ainda segundo a CORTESIA (s/d), existem basicamente 7 (sete) tipos de concreto quanto a sua constituição e aplicação: **concreto simples (ou convencional), concreto armado, concreto magro, concreto auto-adensável, concreto bombeável, concreto de alto desempenho (CAD) e concreto especial.**

1) **Concreto simples** (ou convencional) é preparado com os 4 (quatro) componentes básicos, acima citados, e tem grande resistência aos esforços de compressão, mas baixa resistência aos esforços de tração.
2) **Concreto armado** é um concreto convencional (pela sua composição), porém com elevada resistência, tanto aos esforços de tração como aos de compressão, mas para isso precisa de um quinto componente, a armadura de ferro. Sua aplicação é ampla (a maior dentre os concretos e a maior entre os vários tipos de materiais de construção), e é muito utilizado em obras

civis de habitação, hidráulicas, pavimentação, estruturas em geral, etc. Confere ótimas resistências à tração e à compressão (a melhor e mais indicada), e mediana ao cisalhamento.

3) **Concreto magro** é na verdade um concreto simples com menos cimento. Ele é mais econômico, mas só pode ser usado em partes da construção que não exijam tanta resistência e impermeabilidade. Sua aplicação é muito restrita, sendo que é utilizada em tampas de bueiros, guias e bancos de praça. Vale lembrar que pelo fato de ter resumida resistência, o mesmo é utilizado somente com a presença de uma armadura de aço.

4) **Concreto auto-adensável** são concretos com alta fluidez, de alto slump de serviço de 160 mm a 230 mm, com alta trabalhabilidade e fácil aplicação. Necessita a utilização de vibração. Pode ser previsto a utilização de aditivos superplastificantes. São utilizados em peças com alta taxa de armadura, paredes de diafragma, elementos estruturais: pavimentos, lajes, tubulões, fundações (com equipamento hélice contínua), blocos, vigas de transição, paredes, cortinas, etc.

   Em paredes de diafragma, tubulões ou estruturas submersas em água parada, o concreto necessita slump superior a 200 mm, a aplicação se dá por diferença de densidade em relação à água ou lama betonítica, a água é expulsa, ficando em seu lugar o concreto. Neste caso é recomendável o uso de trombas ou funis para aos poucos o concreto ocupar o lugar da água de baixo para cima, não ocorrendo problemas de contaminação do concreto.

5) **Concreto bombeável** é concreto transportado por pressão, através de tubos rígidos ou mangueiras flexíveis, e descarregado diretamente ou próximos dos pontos onde deve ser aplicado. A pressão pode ser aplicada por meio de uma bomba de concreto, de pistões diferenciais, ou por meio de ar comprimido. O concreto é considerado bombeável quando os seus componentes não se separam por segregação e quando a resistência ao deslocamento pelo interior da tubulação não atinja valores incompatíveis com a capacidade do equipamento. Como essas propriedades são influenciadas pela composição da mistura, a dosagem do concreto para bombeamento exige alguns cuidados especiais:

- Os concretos para bombeamento devem ter boa trabalhabilidade, isto é, o *Slump* ou Abatimento deve ser maior que 70 mm, sendo o mais recomendável, valores entre 80 e 100 mm (*Slump* = 90 +/- 10 mm).
- As concreteiras no geral adotam o *Slump* = 90 +/- 10 mm. Qualquer concreto diferente desta condição será considerado do tipo especial.
- Ter argamassa suficiente e consumo mínimo de cimento de 270 kg/m³, para lubrificar os tubos internamente e facilitar o deslocamento do concreto dentro do tubo.
- Recomenda-se a utilização de britas com diâmetro máximo até 25 mm (brita 2), mesmo assim até 25%, devendo o restante ter diâmetro máximo de 19 mm (brita1).
- Para prédios, dependendo da altura ou mesmo da distância de tubulação serão previstos agregados menores (britas) e/ou *Slumps* maiores. Ver tabela 2, abaixo:

Condição	Tipo de Concreto
Térreo até 06 pavimentos	Brita 1 ou 1+2 ; Slump = 90 +/- 10 mm
De 06 a 10 pavimentos	Brita 1 ; Slump = 90 +/- 10 mm
Acima de 10 pavimentos	Traços especiais
* A tabela serve de orientação, porém outras situações deverão ser avaliadas, tipo de obra, distância horizontal da linha, nº de curvas necessárias, tipo de bomba utilizada, etc. Que serão avaliados pelos fiscais da Cortesia nas obras.	

Tabela 2. Slumps para diversas aplicações.

Fonte: *Manual de Concretagem Cortesia (s/d).*

6. **Concreto de alto desempenho (CAD)** são concretos de alta resistência (> 30,0 MPa) e durabilidade. Reúne também outros fatores, além das resistências elevadas, como vimos anteriormente. Possuem maior durabilidade, menor porosidade, maior impermeabilidade, maior coesão e de fácil aplicabilidade devido a utilização de aditivos super-plastificantes ou hiper-plastificantes. Normalmente recebe adições como Sílica ativa ou Metacaulim.

   Estas adições exercem influência sobre as propriedades do concreto de tal forma que durante a reação do cimento, parte reage cristalizando-se liberando a cal livre (CaO_2), até então inerte e indesejável que vai reagir com estas adições tornando-se um novo produto cimentício. Também, por causa

de serem partículas extremamente pequenas se comparadas ao cimento, estas se introduzem entre os grãos de cimento, reduzindo o espaço disponível para a água e atuando como pontos de nucleação.

O concreto de Alto Desempenho possui outras propriedades, além de somente ser considerado como de Alta Resistência que citaremos a seguir no campo utilização. Normalmente o calculista amarra em sua especificação Consumo mínimo de Cimento e Fator A/C.

7. **Concretos especiais** são àqueles excluídos das condições acima citadas, como: concretos com diferentes *slumps,* concretos com consumos mínimos e máximos de cimento, concretos com fator água/cimento determinados, concretos com FCks elevados, concretos com pesos específicos altos e baixos (concretos leves e pesados), com outras matérias-primas não usuais, com resistências à tração na flexão, com módulo de deformação/elasticidade diferenciado, para determinadas condições e particularidades de estruturas, aditivos especiais, adições extras, etc.

Há ainda outros tipos de concretos, com aplicações especiais, e com variações a sua constituição. Estes, porém, variam muito em função do traço, já que a constituição é baseada nos tipos principais, acima citados; e ou da forma de aplicação e entrega deste na obra.

TIPO	APLICAÇÃO	VANTAGENS
Rolado	Barragens, pavimentação rodoviária (base e sub-base) e urbanas (pisos, contra-pisos).	Maior durabilidade.
Bombeável	De uso corrente em qualquer obra. Obras de difícil acesso. Necessidade de vencer alturas elevadas ou longas distâncias.	Maior rapidez na concretagem. Otimização da mão-de-obra e equipamentos. Permite concretar grandes volumes em curto espaço de tempo.
Resfriado	Peças de elevado volume como bases ou blocos de fundações.	Permite o controle da fissuração.
Colorido	Estruturas de concreto aparente, pisos (pátios, quadras, calçadas), guarda-corpo de pontes etc.	Substitui gasto com revestimento. Evita o custo de manutenção de pinturas.
Projetado	Reparo ou reforço estrutural, revestimento de túneis, monumentos, contenção de taludes, canais e galerias.	Dispensa a utilização de fôrmas.
Alta Resistência Inicial	Estruturas convencionais ou protendidas, pré-fabricados (estruturas, tubos etc).	Melhor aproveitamento das fôrmas. Rapidez na desforma. Ganhos de produtividade.
Fluido	Peças delgadas, elevada taxa de armadura, concretagens de difícil acesso para a vibração.	Reduz a necessidade de adensamento (vibração). Rapidez na aplicação.
Pesado	Como lastro, contra-peso, barreira à radiação (câmaras de raios-X ou gama, paredes de reatores atômicos), lajes de subpressão.	Redução do volume de peças utilizadas como lastro ou contra-peso, substituição de painéis de chumbo (radiação).
Leve (600 Kg/m³ a 1200kg/m³)	Elementos de vedação (paredes, painéis, rebaixos de lajes, isolante termo-acústico, nivelamento de pisos).	Redução do peso próprio da estrutura. Isolamento termo-acústico.
Leve estrutural	Peças estruturais, enchimento de pisos e lajes, painéis pré fabricados.	Redução do peso próprio da estrutura.
Pavimentos Rígidos	Pavimentos rodoviários e urbanos, pisos industriais, pátios de estocagem.	Maior durabilidade, menor custo de manutenção.
Alto Desempenho (CAD)	Elevada resistência (mecânica, física e química), pré-fabricados e peças protendidas.	Melhora aderência entre concreto e aço.
Convencional (a partir de 20 MPa)	Uso corrente na construção civil.	O concreto dosado em central possui controle de qualidade e propicia ao construtor maior produtividade e menor custo.
Submerso	Plataformas marítimas.	Resistência à agressão química.
Com fibras e aço, plásticas ou de polipropileno	Reduz a fissuração.	Maior resistência à abrasão, à tração e ao impacto.
Grout	Agregados de diâmetro máximo de 4,8mm.	Grande fluidez, auto-adensável.

Tabela 3. Tipos de Concretos.

Fonte: *Manual de Concretagem ABESC (2007).*

2.3.6. Trabalhabilidade.

Conforme estudo de ROMANO (2006), trabalhabilidade do concreto, é a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perda de homogeneidade.

Os principais fatores que afetam a trabalhabilidade são:

a) Fatores internos:

- Consistência, que pode ser identificada pela relação água/cimento ou teor de água/materiais secos;
- Traço, definida pela proporção entre cimento e agregado;
- Granulometria do concreto, que corresponde à proporção entre agregado graúdo e miúdo;
- Forma dos grãos dos agregados, em geral dependendo do modo de obtenção (agregado em estado natural ou obtido por britagem);
- Aditivos, com finalidade de influir na trabalhabilidade, normalmente denominados plastificantes.

b) Fatores externos:

- Tipo de mistura (manual ou mecânica);
- Tipo de transporte, que quanto ao sentido vertical ou horizontal, quer quanto ao meio de transporte (em guinchos, vagonetes, calhas ou bombas);
- Tipo de lançamento, de pequena ou grande altura (por pás, calhas, trombas de elefantes, etc);
- Tipo de adensamento, que pode ser manual, vibratório, vácuo, centrifugação, etc.
- Dimensões e armadura de peça a executar.

2.3.7. Produção do concreto.

O preparo do concreto consiste em uma série de operações ou serviços executados e controlados de forma a obter, a partir dos materiais componentes, um concreto endurecido com as propriedades especificadas, de acordo com as exigências do projeto, assim afirma ROMANO (2006).

As propriedades do concreto endurecido dependem fundamentalmente das propriedades dos materiais, das proporções da mistura, as quais, por sua vez determinam também as propriedades do concreto fresco.

As operações básicas de produção do concreto são:

1) **Dosagem:** Estudo empírico ou não que indica as proporções e quantificações dos materiais componentes da mistura, a fim de obter um concreto com determinadas características previamente estabelecidas.
2) **Mistura**: Dar homogeneidade ao concreto, isto é, fazer com que ele apresente o mesmo proporcionando em qualquer ponto de sua massa sem segregação dos constituintes.
3) **Transporte:** Avaliar a aplicação do ato de levar o concreto do ponto onde foi preparado ao local onde será aplicado, podendo ser dentro da obra ou para ela, quando misturado em usina.
4) **Lançamento**: Colocação do concreto no local de aplicação, em geral, nas formas. Começa-se após 2 a 4 horas a "pega", (perda do abatimento e consequentemente endurecimento e ganho de resistência), dependendo da quantidade e do tipo de cimento.
5) **Abatimento (ou *Slump*):** Índice de abatimento, ou *Slump*, que trata da fluidez do concreto. Deve ser maior que 70 mm, sendo o mais recomendável, valores entre 80 e 100 mm (*Slump* = 90 +/- 10 mm). O *Slump* varia de aplicação para aplicação, se bombeável, maior a fluidez; se despejado ou vertido, menor fluidez.
6) **Adensamento**: Espalhamento e conformação do concreto, procurando eliminar o ar aprisionado, além de preencher totalmente as formas - ganho de resistência. O adensamento está muito ligado ao abatimento, ambos devem ser estudados em conjunto.
7) **Cura**: Conjunto de medidas com o objetivo de evitar a perda rápida de água (evaporação) pelo concreto nos primeiros dias, água essa necessária para reação de hidratação dos constituintes da pasta de cimento. Existem diversas formas para cura adequada do concreto, seja ela úmida, a vapor, química ou uso de material impermeabilizante, dificultando a saída de água. A cura inadequada pode ocasionar fissuras de retração plástica consequentemente maior permeabilidade e porosidade, assim menor durabilidade. Normalmente a resistência de projeto é atingida após 28 (vinte e oito) dias da aplicação.

2.4. Definição de manutenção.

Manutenção pode ser definida como um conjunto de tratativas e ações técnicas, intervencionistas, indispensáveis ao funcionamento regular e permanente

das máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

A manutenção industrial é uma área e ou departamento responsável pela garantia das principais características, que é a funcionalidade (com máximo desempenho e máxima confiabilidade), dos equipamentos que compõem as plantas industriais, ou ainda as instalações que compõem estas plantas.

A ABNT NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Mantenabilidade), norma que rege os conceitos e tange a manutenção como um sistema, ramo e área industrial, define manutenção como a combinação de ações técnicas e administrativas, inclusive as de coordenação, destinadas a manter ou recolocar um dado equipamento, instalação ou sistema, na sua principal função requerido, outrora projetado.

Por sua vez, a norma inglesa BS-3811/1993, uma versão inspiradora da NBR, define manutenção como a combinação de qualquer ação para reter um item ou restaurá-lo, de acordo com um padrão aceitável.

Como definido por BRITO (2005), temos a manutenção como um conceito amplo:

> [...] "manutenção industrial pode ser definida como o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um equipamento ou bem. De outra forma, pode-se definir manutenção como o conjunto das ações destinadas a garantir o bom funcionamento dos equipamentos, através de intervenções oportunas e corretas, com o objetivo de que esses mesmos equipamentos não avariem ou baixem seus rendimentos e, no caso de tal suceder, que a sua reparação seja efetiva e a um custo global controlado. De forma mais abrangente, poderemos dizer que manutenção de um equipamento ou bem é um conjunto de ações realizadas ao longo da vida útil desse equipamento ou bem, de forma a manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura".

A manutenção industrial tem passando por uma revolução total em termos de conceitos e de atuação propriamente dita. Acompanhando a evolução da indústria em si, e com a crescente integração de todos os setores, na obtenção de uma capabilidade sistêmica, a manutenção começa a ser encarada não somente como uma área de apoio, repleta de gastos, mas sim como uma área de ganhos, de obtenção de lucros.

A definição de manutenção começa a ser uma quase que um sinônimo de gestão industrial avançada, de estratégia empresarial, podendo definir rumos concretos e de grande expressão na vida de uma companhia.

Ainda segundo BRITO (2005):

> [...] "O setor de manutenção vem crescendo substancialmente nos últimos anos, sobretudo nas últimas duas décadas, passando por fortes transformações, se posicionando de forma expressiva no cenário industrial. O que anteriormente era visto como um setor de despesas, inconveniente, muitas vezes esquecido e discriminado, hoje, devido aos resultados alcançados e devido à série de estudos efetuados, tem-se a prova de que com uma eficiente manutenção e com um eficiente planejamento".

Como definido por KARDEC & NASCIF (2001):

> [...] "A manutenção deve contribuir para o atendimento do programa de produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais, otimizando os recursos disponíveis com qualidade e segurança e preservando o meio ambiente...".

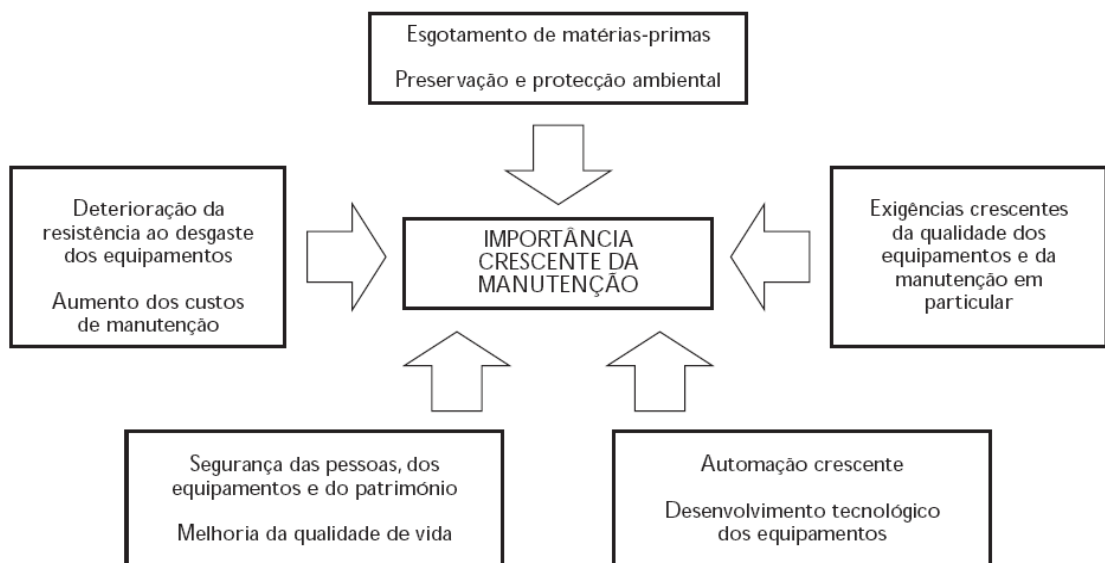



Figura 8. Mapa mental da estratégia de importância da manutenção.

Fonte: *KARDEC & NASCIF.*

2.4.1. Tipos de manutenção.

A manutenção pode ser efetuada de diversas formas, até de cunho informal e não classificado. Mas como instrumento de gestão e de planejamento, com o intuito de garantir a organização, ainda segundo as boas práticas que se sucedem

para com o tema, podemos classificar a manutenção por tipo de intervenção, isto é, de acordo com os tipos de trabalhos.

Segundo KARDEC &NASCIF (2001), os tipos de manutenções são as maneiras pela qual é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações, sejam elas programadas ou não programadas.

As características de cada tipo são descritas a seguir:

1) **Manutenção Corretiva Não-Planejada –** É uma intervenção de caráter corretivo, imediatista, qual tem como objetivo o reparo de uma falha (ou quando agravada, ou quando preventiva a uma catástrofe, uma quebra). Este tipo de manutenção sempre terá caráter emergencial ou urgencial, e espera-se que seja efetuada da forma mais rápida e descomplicada possível. Tal intervenção não oferece os benefícios da corretiva planejada, apenas intervém quando solicitado, sem considerar produção, tempo de reparo e custo. Trata-se de uma atividade critica, da qual deve ser evitada a todo custo, devido seus fatores de criticidade e de interferências, sendo considerada a principal responsável por perda de produtividade na manufatura (*Down Time*[3]).
2) **Manutenção Corretiva Planejada** – É uma intervenção corretiva, isto é, de caráter de correção de um defeito qualquer, porém não imediatista. Em função da mitigação de perda de produção, isto é, tentativa de reduzir ou eliminar paradas não programadas, estuda-se a intervenção de forma planejada, de modo que o tempo de reparo e os custos envolvidos sejam minimizados, assim como todos os outros fatores influenciadores. Geralmente esta manutenção é adiada até o período quando se realizará a manutenção preventiva, aproveitando um único momento de parada de produção, para efetuar o máximo de trabalhos, sem o número de contratempos da corretiva não planejada.

3. Down Time: Tradução do inglês, genérica: “Tempo perdido” - Termo usado para indicar um tempo de processo perdido, decorrente de um defeito ou quebra. Trata-se de um indicador de desempenho, que mede a eficiência da manutenção corretiva (na verdade seu indicador reverso, Up Time), qual deve ser perseguido e minimizado, senão dizer, eliminado.

3) **Manutenção Preventiva Sistemática** – Trata-se de uma intervenção planejada, executada em intervalos fixos de tempo de vida, definidos pelo fabricante do equipamento, ou estipulado por um especialista, por meio de um estudo de parametrização. Esta manutenção é normalmente utilizada nas operações de lubrificação, nas verificações periódicas obrigatórias (inspeções) e na substituição de componentes. Esta manutenção acaba tendo um custo alto, já que não há uma avaliação especifica e detalhada dos itens substituídos (vida útil x condições operacionais – necessidade real de substituição).
4) **Manutenção Preventiva Condicionada** – Trata-se de uma intervenção planejada, de cunho preventivo, muito parecida com o modelo anterior, porém é realizada em função do estado dos componentes do equipamento. Também chamada de manutenção inteligente, já que a intervenção se faz apenas com a manifestação da necessidade. É uma manutenção preventiva, subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado (auto-diagnóstico), como ex: a informação de um sensor, uma medida mínima de desgaste, ou outro indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento. Esta acaba tendo um custo menor que a anterior, já que antes da substituição efetiva de um item, há uma avaliação anterior da condição deste.
5) **Manutenção Preditiva** – É uma manutenção planejada, efetuada em resposta a uma dada condição física, de um dado item monitorado de forma continua, como por exemplo: medição de temperatura de um painel elétrico, medição da vibração de um mancal, medição de ruído de um redutor, etc. Todas estas avaliações devem obedecer à critérios de funcionamento pré-definidos, ou pelo fabricante, ou pelo histórico do equipamento, ou por um especialista do equipamento. Com esta avaliação, é criado um ponto mediano de satisfatoriedade em relação ao valor medido (ponto máximo e ponto mínimo), e na variação abrupta de cada um destes valores, é dada então a intervenção. O objetivo básico desta manutenção é prolongar ao máximo a vida de um equipamento ou instalação, reduzindo ao mínimo as paradas não programadas.
6) **Manutenção Detetiva** – Trata-se de uma atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal

de operação e manutenção. Muito parecida com a manutenção preditiva, porém é uma inspeção *on-line* efetuada pelo próprio responsável pela operação do equipamento, por meio de um supervisório (ou IHM).

7) **Engenharia de Manutenção** – Não é uma intervenção, mas sim um sistema de engenharia, focado na: perseguição de benchmarks, aplicação de técnicas modernas de análise de falhas, análise por ferramentas da qualidade. Seu principal objetivo é estar nivelada com as boas práticas da manutenção do Primeiro Mundo, a WCM (World Class Maintenance).

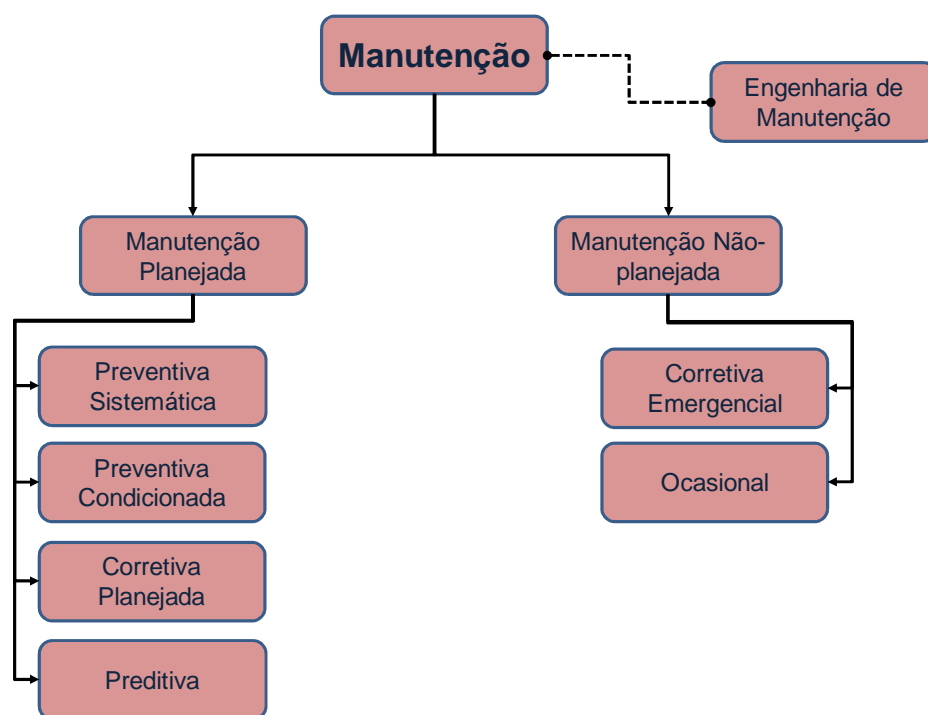



Figura 9. Quadro resumo dos tipos de manutenção.

Fonte: *Concepção do autor.*

2.4.2. Formas de atuação dos times da manutenção.

Outro aspecto a ser considerado na estrutura organizacional da manutenção é a forma de atuação da manutenção. Esta forma qual deve ser estudada e considerada, é a estruturação dos times de manutenção, levando em conta não somente a estrutura hierárquica, mas o fluxo de informação, a autonomia de cada indivíduo do time, até o repasse dos serviços (fluxo de trabalho).

A forma de atuação do time de manutenção, isto é, do corpo componente da manutenção (operacional, administrativo, apoio e gestão), dependerá ainda das características dos produtos, do tamanho da organização e da cultura

organizacional, e pode ser dividida em 3 (três) formas básicas de atuação, segundo KARDEC & NASCIF (2001):

- Estrutura de Manutenção Centralizada;
- Estrutura de Manutenção Descentralizada;
- Estrutura de Manutenção Mista.

2.4.2.1. Estrutura de Manutenção Descentralizada.

Na estrutura de manutenção descentralizada, é necessário caracterizar qual será a estratificação da atuação de cada time, se por área, linha de produto, unidade de negócio ou departamento, ou ainda uma combinação de segmentos. Nesta estrutura, temos times independentes de manutenção, com hierarquia direta à produção, com subordinação ao gerente de instalação (ou gerente de planta). Esta forma de atuação é muito comum em plantas de grande porte, de itens não seriados (ex: indústrias de bem de capital e de matéria prima, mineradoras, farmacêuticas, químicas, cimenteiras, etc.).

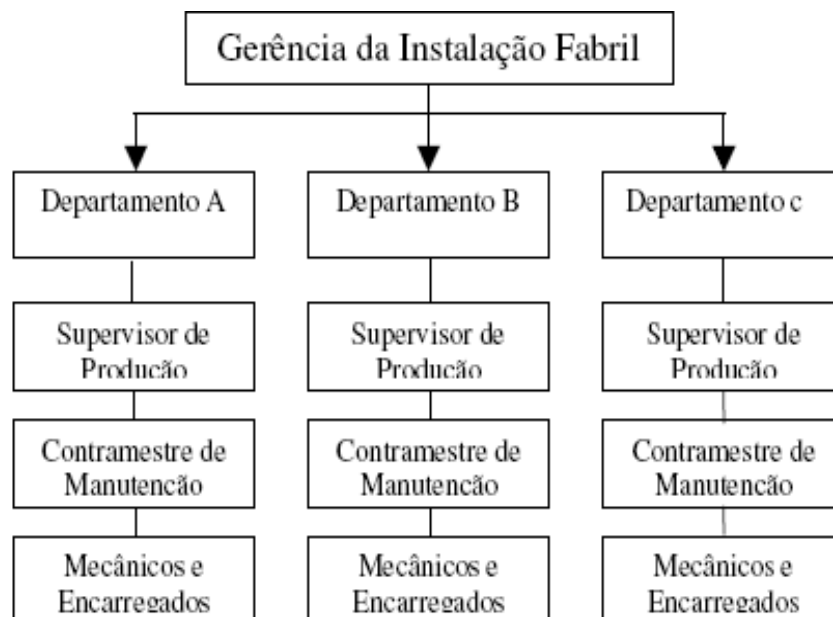



Figura 10. Exemplo de uma estrutura descentralizada de manutenção.

Fonte: *KARDEC & NASCIF.*

2.4.2.2. Estrutura de Manutenção Centralizada.

No caso da estrutura de manutenção centralizada, temos como aplicação áreas especificas, por características geográficas e por características de famílias de equipamentos componentes. Nesta a estrutura está ligada diretamente a um único corpo, geralmente da produção. Esta estrutura é muito aplicada e empresas de

pequeno porte, onde há polivalência de um gestor (ex.: pequenas e médias empresas, metalúrgicas, autopeças, grandes edifícios e hospitais, shoppings, etc.).

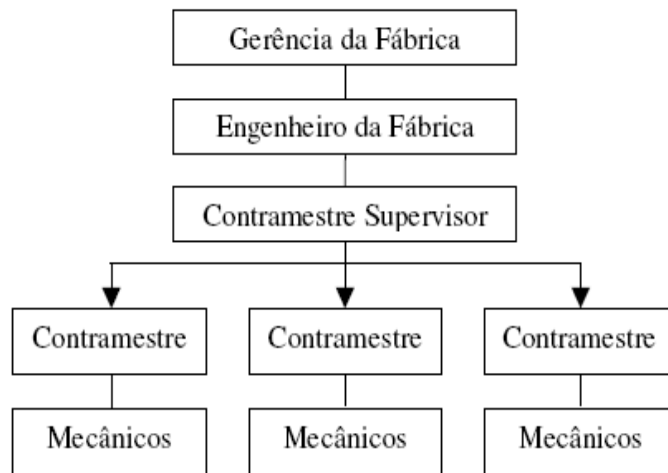



Figura 11. Exemplo de uma estrutura centralizada de manutenção.
Fonte: *KARDEC & NASCIF*.

2.4.2.3. Estrutura de Manutenção Mista.

Já no caso da estrutura de manutenção mista, a mesma tem sido muito aplicada em plantas de grande porte, pois proporcionam vantagens da manutenção centralizada e descentralizada de uma forma única (ex: indústrias de bem de capital de grande valor agregado, de matérias prima de alto custo, petroquímicas, petroderivados, fertilizantes, etc.).

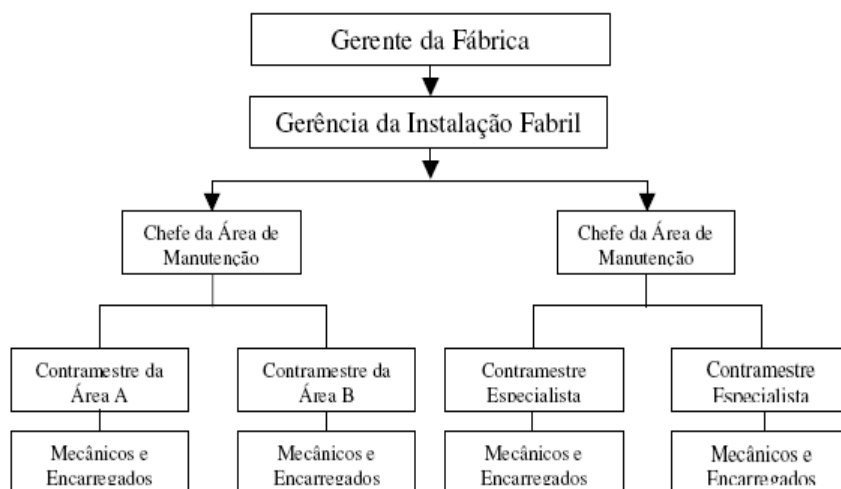



Figura 12. Exemplo de uma estrutura mista de manutenção.
Fonte: *KARDEC & NASCIF.*

Há ainda, segundo KARDEC & NASCIF (2001), uma quarta forma de atuação da manutenção, não muito divulgada devido suas particularidades e aplicações especificas que é a formação de times multifuncionais e dedicados.

Conforme estudado por KARDEC & NASCIF (2001) este tema:

> [...] “É a tendência moderna de formação de times multifuncionais alocados por unidade(s) para fazer um pronto atendimento, em plantas mais complexas, já aplicadas em poucas empresas brasileiras de alta competitividade com excelentes resultados”.

Ainda segundo KARDEC & NASCIF (2001):

> [...] “A Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN apresentou um documento no 18º Congresso Brasileiro de Manutenção, em setembro de 2003 com resultados de uma pesquisa nacional realizada neste mesmo ano de 2003 sobre manutenção, onde podemos observar uma retomada da manutenção centralizada, que vinha caindo percentualmente desde 1995 e agora apresenta um percentual de atuação ao nível de 1997, o que mostra uma tendência na adoção da manutenção centralizada pelas empresas pesquisadas no país, e o resultado pode ser analisado como consequência da aplicação das vantagens desta forma em relação à descentralizada”.

2.4.3. Objetivos e metas da manutenção.

Para uma gestão da manutenção eficiente, e, sobretudo eficaz, se faz necessário a adoção de diversas diretrizes, de modo que esta tenha um norte para guiar os esforços do time.

Toda organização tem suas metas e objetivos estratégicos, e suas áreas componentes suas metas de área. No caso da produção, temos diversas metas, sempre em função de sua eficiência e/ou de seu posicionamento no mercado. No caso da manutenção não é diferente a abordagem. A manutenção tem se desdobrado na obtenção de metas, muitas vezes agressivas, para ocupar posição de destaque, e demonstrar capacidade de solução de problemas.

A manutenção, de um modo geral, deverá ter como objetivos principais:

1) Manter os equipamentos, máquinas e instalações em condições de pleno funcionamento, para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos e serviços;

2) Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas e seus sistemas;

3) Gerir de forma ideal os recursos de forma a obter o melhor rendimento dos equipamentos;

4) Aperfeiçoar os processos de manutenção, operação e segurança das máquinas e equipamentos;

5) Aumento do faturamento e do lucro por meio de campanhas de redução ao desperdício e da quebra-zero;

6) Reduzir as intervenções o menor número possível;

7) Reduzir os custos de manutenção ao mínimo possível;

8) Contribuir com a produção para alcançar melhores condições de operação, com o intuito de garantir o volume de produção e redução de refugos;

9) Zelar pela qualidade, segurança, saúde e preservação ao meio-ambiente, de modo que as intervenções tenham o menor impacto para com qualquer uma destas premissas.

Figura 13. Ciclo operacional da manutenção.

Fonte: *CARVALHO (2004)*.

Os serviços de manutenção não são de responsabilidade exclusiva das equipes de manutenção, mas também de todos os operadores, auxiliares, e responsáveis de uma forma direta ou indireta pelas máquinas, equipamentos e instalações.

Os serviços periódicos de manutenção deverão contemplar procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento, mas deve ainda, instruir o operador a identificar e relatar os problemas ocorridos, e ainda operar de forma correta o equipamento.

Tais procedimentos devem englobar as operações:

a) Monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes;

b) Ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;

c) Examinar os componentes antes do término de suas garantias;

d) Inspecionar cada item retirado, de modo que seja avaliada a causa raiz do problema;

e) Atuar junto à área de projetos, para no caso da identificação de uma falha, seja providenciado à correção por meio de uma melhoria de projeto;

f) Replanejar e reprogramar, se necessário, o programa de prevenção;

g) Fazer girar o PDCA em todas as etapas da manutenção.

2.4.4. Política da manutenção.

A manutenção deve estar alinhada às estratégias e diretrizes institucionais da companhia, e também para com a área de manutenção como um todo. Em função disso, se faz a necessidade de adotar uma política para atender às diversas atividades da empresa, o que se refere às atividades de manutenção. Esta política responsável em lançar sobre a companhia tais diretrizes e metas, é chamada de política de manutenção.

A política de manutenção deve contribuir para o atendimento do programa de planejamento da produção, maximizando a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e instalações dos órgãos operacionais. Deve ainda abranger meios, sob forma de diretrizes, objetivos e metas, ações para otimizar os recursos disponíveis para as intervenções, com qualidade e segurança e preservando o meio ambiente.

É na política ainda que estejam contidas as principais definições de papéis e responsabilidades, conceitos estruturais do organograma e as premissas junto ao sistema de qualidade integrada (se for o caso da empresa possui-lo).

Com base nas definições de BRANCO (2006), destaca-se algumas diretrizes possíveis de uma política de manutenção, para a garantia de desempenho eficaz e efetivo da gestão de manutenção:

1) Manutenção com qualidade, tomando por referência a avaliação de desempenho através de indicadores adequados à eficácia e à efetividade dos serviços prestados;

2) Aumento da confiabilidade através do trabalho integrado envolvendo todas as áreas de operação, de manutenção e de engenharia, visando

principalmente solucionar problemas crônicos, eliminar resserviços, e ainda elaborar e utilizar procedimentos;

3) Garantia dos prazos de execução de serviços;

4) Preservação da melhoria contínua da capacitação dos profissionais de manutenção;

5) Utilização plena (priorização) dos recursos de execução orientados para os serviços de grande complexidade tecnológica ou críticos;

6) Contratação, quando necessário, de empresas com capacitação técnica e gerencial, observando os aspectos de economicidade, qualidade, preservação de tecnologia, risco operacional, riscos materiais e humanos e necessidade de conhecimento global dos sistemas.

2.5. O cenário da manutenção industrial no Brasil e o desafio na indústria da construção civil.

O setor de manutenção vem crescendo e se profissionalizando substancialmente nos últimos anos, sobretudo nas últimas duas décadas, passando por fortes transformações, se posicionando de forma expressiva no cenário industrial. Anteriormente era visto como um setor de despesas, inconveniente muitas vezes, esquecido e discriminado, hoje, devido aos inúmeros resultados alcançados, e devido à série de estudos efetuados, tem-se provado de que com uma eficiente manutenção e com um planejamento inteligente, podem-se obter resultados significativos, sejam de cunhos financeiros, estratégicos e de posicionamento da marca.

No Brasil não foi diferente a evolução da manutenção como ao restante do mundo, sendo que as mesmas técnicas utilizadas por países mais desenvolvidos, hoje então em plena aplicação e funcionamento, observando-se apenas alguma leve defasagem temporal (antes de grande expressão).

O desenvolvimento industrial foi amplo nas últimas décadas, e aliado a globalização, se fez necessário uma estruturação de peso, para que se adéque e comporte todo o aparato industrial e tecnologias agregadas, e por consequências, se faz também inevitavelmente necessário a aplicação de meios que comportem e sustentem as variáveis de produtividade, como: a nova demanda, novos padrões de qualidade, exigências ambientais e de segurança mais rígidas, etc.

Segundo KARDEC & BARONI (2002) nos traz que:

> [...] "Não é mais aceitável que o equipamento ou sistema pare de maneira não prevista:
> **1. Paradigma do passado**: O homem de manutenção sente-se bem quando executa um bom reparo.
> **2. Paradigma moderno:** O homem de manutenção sente-se bem quando ele consegue evitar todas as falhas não previstas.
> Desta forma os paradigmas devem ser tratados para minimizar as diferenças entre técnica e gerenciamento".

Acompanhando esta crescente evolução, sobretudo pelo fato de muitas correntes de pesquisadores e especialistas da área de manutenção focar suas linhas de estudo na complementação para com a produtividade, com fortes laços na logística, qualidade e meio ambiente, a manutenção passa por uma era de consolidação e profissionalização. Consolidação, pois ainda há certa resistência em alguns modelos industriais, sobretudo em perfis de manufaturas não seriadas e em processos de baixo custo operacional, desta forma, para que sejam difundidos em plenitude, resultados concretos e de alta significância devem ser apresentado em concomitância às teorias da manutenção. E de profissionalização, pois devido a este movimento formado exigisse alto nível intelectual e de maturidade nas ferramentas e demais meios de trabalho, assim como fundamentação teórica e exploração de estudos de casos.

A indústria da construção civil, assim como muitos outros ramos industriais, tem se beneficiado destas bruscas mudanças, muitas ocorridas dessas em função das novas exigências do mercado globalizado, e frente a necessidade de sobreviver em meio a extrema competitividade. Mas todas as indústrias, sobretudo as deste ramo industrial, acabam sofrendo com a pressão, sendo muitas vezes atingidas de forma não tanto benevolente. Preço, prazo, qualidade e flexibilidade no atendimento, são marcas que todas as indústrias necessitam perseguir como um coletivo de objetivos intrínsecos, todos reais e tangíveis, de modo a sobreviver e otimizar suas operações. Para acompanhar a busca destes objetivos, a indústria deve se valer de grande inteligência, e digamos desmedir esforços para alcançar tais objetivos. Vemos então a *Metodologia Lean Manufacturing*[3] cada vez mais sendo aplicada nas indústrias de um modo geral, algo antes inimaginável para industriais em geral, sem ser as do tipo automobilística (ou autopeças).

O grande objetivo desta forma de administração da produção é da agregação de valor aos processos produtivos, de modo a diminuir os retrabalhos e

enquadrando os processos aos pilares da qualidade total. Como objetivo final, de um processo mais eficiente e de máximo desempenho, temos a máxima lucratividade.

Na manutenção, temos como termo comum a *Manutenção Enxuta*, uma aplicação direta da *Metodologia Lean*[4] na manutenção, com adaptações de conceitos e de métodos, mas com o mesmo fundamento, a obtenção de máxima lucratividade com a otimização de resultados e agregação de valor ao processo produtivo.

Mesmo com as necessidades impostas pelo mercado, e com as exigências já consensadas, há ainda certa resistência para com a adequação de novas tecnologias e ou implantação de metodologias, sobretudo a indústria nacional. Muitas destas resistências podem ser explicadas, sejam por instabilidade econômica, sejam pela ausência de incentivos governamentais, ou mesmo pela simples resistência do empresariado.

A obtenção desta máxima lucratividade então é muitas vezes tomada como único objetivo a ser seguidos. Esta conquista acaba sendo perseguida sem que a base seja preparada, isto é, sem adequação das áreas aos padrões exigidos, como; diminuição dos desperdícios, diminuição dos retrabalhos, atendimento aos padrões de qualidade, agilidade nos processos, processos com valores agregados, etc.

Esta busca pela lucratividade, como já definido, é então pensada apenas no quesito redução de custos - minimizando os investimentos e encurtando o retorno de investimento (*Pay-back*). No caso das indústrias da construção civil, é expressiva e muito mais intensa. Há, além de uma defasagem tecnológica (já conhecida e já mencionada), uma intensa morosidade na modernização e adequação técnica.

A manutenção, como uma área componente desta indústria, acaba sofrendo com esta morosidade e defasagem tecnológica. Há evidente falta de investimento econômico, sendo este um dos maiores obstáculos para uma manutenção eficiente. Os déficits estão evidentes na aquisição de novos equipamentos, ferramental moderno, treinamentos técnico-operacionais, equipamentos com seu projeto adequado a manutenção.

---

4. Lean manufacturing: Tradução do inglês, como: “Manufatura enxuta” ou “manufatura esbelta”, e também chamado de Sistema Toyota de Produção (pelo fato de ser um processo idealizado inicialmente por Taichi Ono) é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios - 1. super-produção, 2.tempo de espera, 3.transporte, 4.excesso de processamento, 5.inventário, 6.movimento e 7.defeitos. Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. As ferramentas "lean" incluem processos contínuos de análise (kaizen), produção "pull" (puxada, no sentido de kanban) e elementos/processos à prova de falhas (Poka-Yoke).

Há ainda a evidente ausência de procedimentos específicos na manutenção em outras indústrias, e na construção civil essa deficiência se intensifica e torna-se mais evidente o déficit estrutural. Fica clara a necessidade de acompanhamento e de obtenção de grandes esforços, para a promoção de resultados significativos, na padronização dos trabalhos, na busca pela qualidade, na extirpação de retrabalhos e na busca pela redução de custos.

O modelo antigo de manutenção, não se faz referência a pessoas, equipamentos, ferramentas ou instalações, mas sim aos conceitos de administração, métodos de controle e cultura organizacional. Segundo MEGGINSON, MOLEY e PIETRI JR. (1998), a cultura organizacional pode ser definida como "o conjunto de valores, crenças e padrões de comportamento que forma o núcleo de identidade de uma organização".

Na indústria de produção de concretos, temos um panorama mais critico, e muito diferente dos diversos, pois se vê uma grande "simpatia" a adoção da *Metodologia Lean Manufacturing e*m sua cadeia de processos produtivos, porém muitas áreas de apoio, quais deveriam receber um acompanhamento por igual, acaba cada vez mais sendo aplicada nas indústrias de um modo geral, algo antes.

Devido a esta mudança de comportamento esperada, de uma nova atitude organizacional, a manutenção deve atuar de forma planejada e programada, em perfeita sinergia ao processo produtivo. Fica evidente então a necessidade de atendimento a uma metodologia de trabalho de intervenção, preventiva, com grande foco na lubrificação e na inspeção, de modo a garantir a máxima confiabilidade dos equipamentos, e garantindo assim a maior disponibilidade operacional.

2.6. Betoneiras de concreto.

Conforme definido pela UTFP (2008), uma betoneira (ou misturador de concreto) é um equipamento mecânico de processo, utilizado para mistura e homogeneização do concreto, isto é, da carga de MCCs, água e aditivos, todos dosados no interior deste equipamento, na proporção devida (de acordo com traço), de acordo com a finalidade da mistura.

Esse equipamento pode ser utilizado ainda na mistura e preparo de outros produtos como: argamassas, rações, adubos, plásticos, etc. Neste caso sua denominação passa a ser como apenas misturador.

2.6.1. Tipos de betoneiras.

As betoneiras são geralmente classificadas em função de sua mobilidade e forma construtiva, ou seja, de acordo com a aplicação e sua configuração. Existem basicamente 3 (três) tipos de betoneiras de concreto, sendo:

1) **Betoneira fixa** – equipamentos mecânicos, estáticos, equipados com motor elétrico de indução (trifásico ou monofásico). A transmissão de movimento se dá por meio de um conjunto: polia motora x polia movida x correia. Há ainda um sistema de giro do tambor de mistura (ou balão), com a aplicação de um cistema pinhão x cremalheira. São utilizados para mistura e homogenização de concreto (convencionais) em obras de pequeno porte, geralmente em obras domésticas.

   Sua capacidade gira em torno de 0,6 m³, e ficam fixos nestas obras;

2) **Betoneira semi-fixa** – equipamentos mecânicos, similares aos modelos anteriores (estáticos), porém equipados com motor *Otto* de dois tempos e com a instalação de um par de truques com rodas, facilitando seu transporte dentro da obra. A transmissão é identica ao modelo anterio, diferindo apenas o tipo de motorização. Utilizadas geralmente em obras de pequeno e médio porte, acabam ficando alocadas no canteiro, mas podendo ser movimentada entre as frentes.

   Sua capacidade pode ser levemente maior que a primeira, girando em torno de 1,3 m³;

3) **Autobetoneira** – equipamentos mecânicos, montados sobre caminhões (pesados ou super-pesados), também chamado de caminhão betoneira. A mesma é montada sobre o chassi do caminhão, e é acionado por meio de um sistema hidráulico, que por sua vez, é acionado pelo motor diesel do caminhão.

   Estes equipamentos possuem capacidades de 6 a 12 m³, sendo mais comumente utilizadas as de 7 e 8 m³. São utilizados tanto para a mistura quanto o transporte do concreto da central de concreto à obra, de longas a médias distâncias;

4) **Mini-betoneiras** – equipamentos idênticos às autobetoneiras, contudo utilizados somente para mistura e transporte de concreto em curta distância, dentro das obras. Sua capacidade é bem menor que as autobetoneiras, em torno de 4,5 m³. Como são montados em máquinas auto-propelidas especiais, mas não caminhões, não têm licenciamento de trânsito nas

cidades, ficando reduzidas ao translado entre os canteiros e frentes de obras. A grande diferença é que em muitos modelos, há o recursos de autocarregamento, isto é, muitas delas têm pás carregadeiras acopladas em sua superestrutura, também acionadas hidráulicamente, permitindo uma rápida dosagem, independente da central (misturadora ou dosadora).

Neste trabalho, o enfoque principal será as autobetoneiras, e a importância de sua manutenção e lubrificação.

Figura 14. Betoneira de Concreto Fixa.

Fonte: *Catálogo de Equipamentos CONCRETECN (s/d).*

Figura 15. Betoneira de Concreto Semi-fixa.

Fonte: *MENEGOTTI Máquinas e Equipamentos (2012).*

Figura 16. Autobetoneira hidráulica de concreto SITI RY950 – 8m³, montada sobre um caminhão MERCEDES-BENZ – LB 2726.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em:* http://www.siti.com.br/portal/

Figura 17. Minibetoneira hidráulica de concreto DIECI.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://www.machineryzone.pt/usado/1/autobetoneira.html.*

2.6.2. Capacidade das betoneiras.

A capacidade das betoneiras varia de acordo com a necessidade, e com o formato construtivo, que podem ir dos pequenos misturadores semiautomáticos que comportam pouco mais de 0,5 m³ (ou 500 litros) de concreto, movidos por um motor elétrico de indução (trifásico ou monofásico), acionados por um sistema de polias e correias; até autobetoneiras montadas em caminhões super-pesados, com até 12 m³ de capacidade.

Comercialmente as betoneiras de pequeno porte (fixas e semi-fixas) mais comercializadas são as de 0,32 à 0,45 m³ (ou 320 à 450 litros) de capacidade, sendo que o "traço" máximo é de aproximadamente um saco de cimento por mistura.

Dos modelos montados sobre caminhões, as autobetoneiras hidráulicas, os modelos mais comuns são as com capacidade de 7 a 8 m³, montadas em caminhões de classificação *off-road*, de 26 a 30 Ton.

2.6.3. Processo de mistura/homogeneização.

Ainda segundo UTFP (2008), em qualquer betoneira, independente do tipo, modelo ou capacidade, é essencial que haja a movimentação do material entre as pás de mistura e o tambor de mistura (ou balão), com um brusco movimento de caimento do concreto no ato de giro, caindo a massa das laterais sobre o volume central, de modo a produzir um concreto uniforme. A eficiência da betoneira pode ser medida pela variabilidade da mistura descarregada em vários recipientes sem interrupção do fluxo do concreto – produtividade medida pela betonada.

Os sistemas de mistura, tanto para os equipamentos móveis quanto os montados sobre caminhões, podem variar conforme o tipo, sendo os mais comuns 3 (tres) tipos:

1) **Sistemas pivotantes** – São sistemas onde o tambor de mistura (ou balão) gira em torno de um eixo, e este tem instalado uma (ou mais de uma) palheta, chamadas “pás de mistura”. Estas têm a função de “cortar a massa" a ser misturada, e jogando-as continuamente ao centro. Este tipo é o mais comumente empregado nas betoneiras fixas e semi-fixas, de pequeno porte.
2) **Sistemas rotativos** – São sistemas onde o tambor de mistura (ou balão) gira sobre roletes de apoio, acionados por uma unidade de transmissão de potência. Os sistemas do tipo rotativos provocam o turbilhonamento da mistura, com o uso de espiras helicoidais (ou helicóides, ou facas), comumente chamadas de “facas”, elevando e jogando o material, como em uma roda d'água invertida – *princípio do “Parafuso de Arquimedes”.* Este tipo é o mais comumente empregado nas autobetoneiras hidráulicas.
3) **Sistemas planetários** – São sistemas onde tambor de mistura (ou balão) gira em torno de um eixo (similar ao sistema pivotante), contudo o eixo auxiliar não é fixo, e sim há instalado uma pá misturadora móvel (sistema – satélite e planetária). A mistura se dá de forma circular, como em uma

batedeira industrial. São muito utilizados em centrais misturadoras para usinas de pré-fabricados.

Para regulamentação do concreto homogeneizado em betoneiras, temos como exemplo, um ensaio um tanto rigoroso da ASTM C 94-94 (formalmente aplicável a caminhões betoneira). O mesmo estabelece que devam ser tomadas amostras a cerca de 1/6 e 5/6 da capacidade da betoneira, e as diferenças entre as duas amostras não devem exceder os limites apresentados na tabela abaixo:

Limites de Acordo com ASTM C94 – 94	
Massa específica do concreto	=> 16 kg/m3
Teor de ar incorporado	=> 1%
Abatimento	=> 25 mm (abatimento médio até 100 mm);
40mm (abatimento médio entre 100mm e 150mm)	
Fração de agregado retido na 4,75mm	=> 6%
Densidade da argamassa sem ar	=> 1,6%
Resistência à compressão, 7 dias	=> 7,5%

Tabela 4. Limites de Homogeneização de Acordo com a Norma ASTM C94-94.
Fonte: *Manual de Betoneiras UFTP (2008).*

Foi desenvolvido na França um método para determinar a distribuição de água ou de aditivo por traçadores radioativos. Pode-se acrescentar que a uniformidade da mistura não serve apenas para avaliar o desempenho, mas também para avaliar o efeito da seqüência de colocação dos materiais na betoneira. A ordem de colocação de cada grupo de materiais (cimento, agregado miudo, agregado graudo, agua e aditivo) tem grande influencia na mistura e homogeneização do concreto, influenciando porém, muito pouco no fator que tange a resistência.

Segundo o PORTAL DO CONCRETO (2012), consistência é um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto. Cabe ressaltar este assunto, pois muito se confunde entre consistência e trabalhabilidade.

O termo consistência está relacionado a características inerentes ao próprio concreto e está mais relacionado com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes.

Conforme modificamos o grau de umidade que determina a consistência, alteramos também suas características de plasticidade e permitimos a maior ou menor deformação do concreto perante aos esforços.

O teste mais utilizado para avaliar o concreto, mais especificamente a homogeneidade e conscistência do concreto, é o ensaio de abatimento, também chamado de SLUMP TEST. O SLUMP TESTE é regido e determinado pela NBR NM 67 (Determinação da consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone).

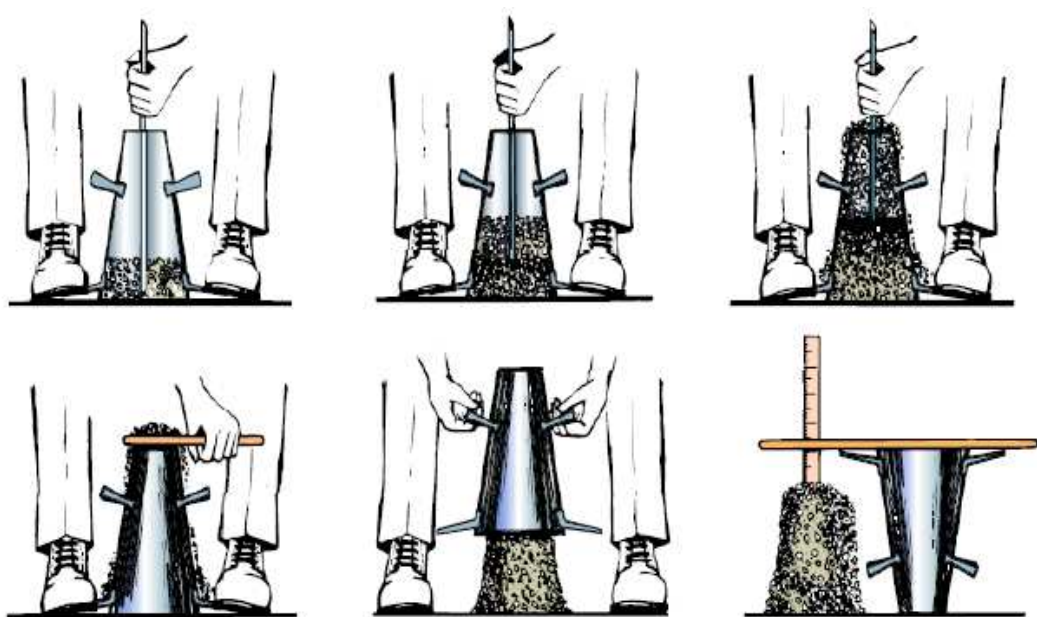



Figura 18. Ensaio de abatimento do concreto (SLUMP TEST).

Fonte: *Manual de Concretagem ABESC (2007).*

2.7. Autobetoneiras hidráulicas.

As autobetoneiras hidráulicas são equipamentos de grande porte, utilizados para a mistura e homogeneização de concretos diversos, e de argamassas em geral. São montadas sobre caminhões pesados – geralmente com portes acima de 26 Ton, e com motorização acima de 250 CV – e acionadas por um trem de força hidrostático, composto por: bomba hidráulica hidrostática, motor hidráulico e redutor de velocidade pesado, do tipo planetário.

Estes equipamentos além de promoverem a mistura e homogeneização dos concretos, são ainda responsáveis pelo transporte e descarga destes, junto às obras consumidoras, promovendo logística da central X cliente final.

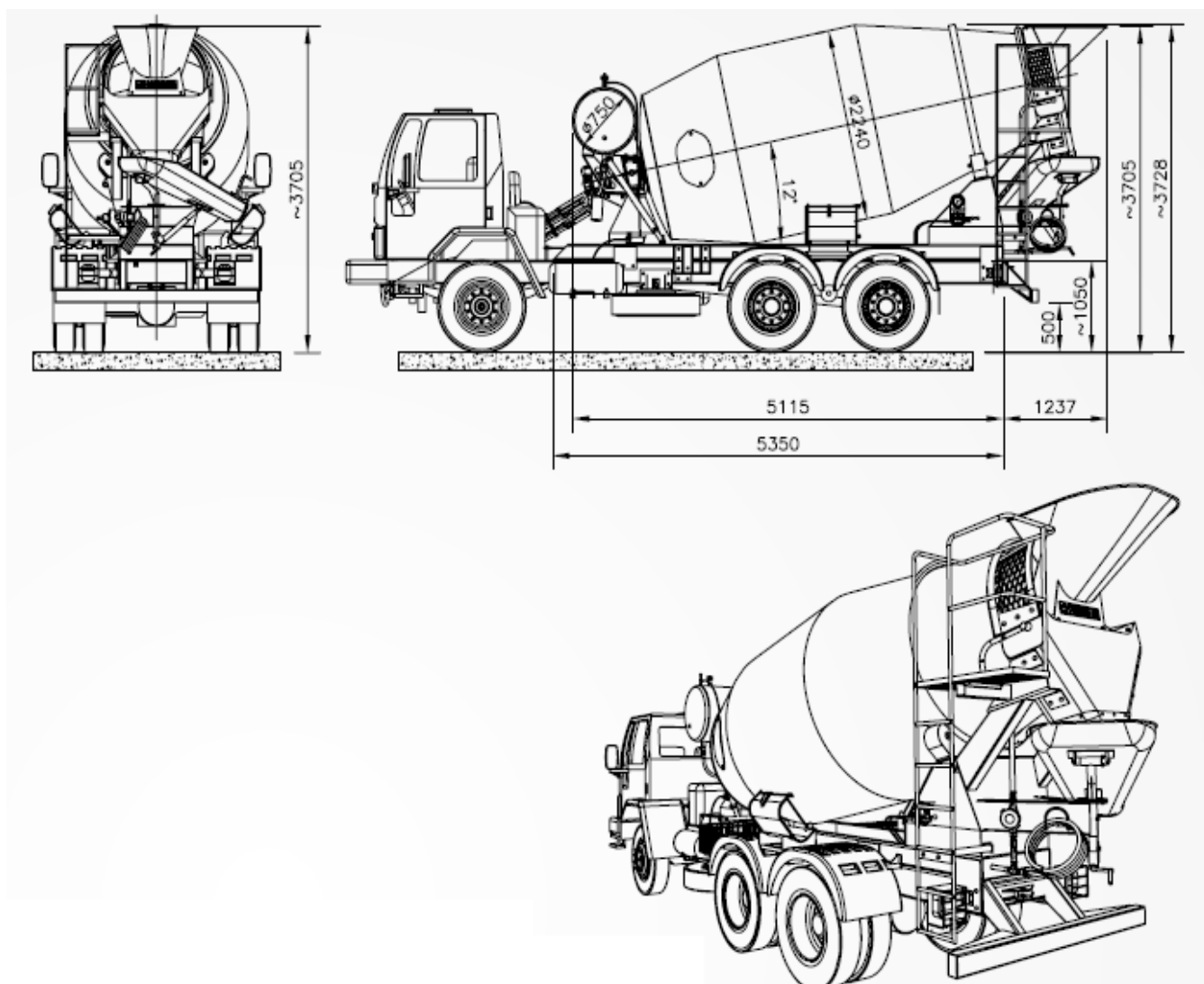



Figura 19. Desenho do dimensional de autobetoneira hidráulica CONVICTA.
Fonte: *Catálogo de Autobetoneiras CONVICTA C8000.*

Existem basicamente 2 (dois) tipos de autobetoneiras hidráulicas de concreto: as autobetoneiras de descarregamento traseiro e betoneira de descarregamento frontal, ambas montadas sobre caminhões e acionadas hidraulicamente.

As autobetoneiras de descarregamento traseiro, as mais comumente conhecidas no mercado, são utilizadas para produção e transporte de concreto, com média/alta capacidade de carregamento em volume, até 12 m³. Já as do descarregamento frontal, as autobetoneiras pesadas, são utilizadas para produção e transporte de concreto, com alta capacidade de carregamento em volume, acima de 12 m³. Sua aplicação ainda é restrita e tímida no mercado de concreteiras, principalmente no que se diz ao trânsito nos grandes centros metropolitanos, ficando

restrita aos canteiros de obras, grande porte, quais exigem a necessidade de percorrer distâncias elevadas para descarga, como: barragens e obras rodoviárias de grande porte.

Figura 20. Autobetoneira TEREX, pesada, de descarregamento frontal.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://www.sino-truk.com.pt/contact.html*

Figura 21. Autobetoneira SHADONG LINQ, modelo SDX5256GJB, de 12 m³.

Fonte: *http://www.concreteplantscn.com/big_img.html?etw_path=http://www.concreteplantscn.com/9-concrete-mixer-truck.html&big_etw_img=product/9-3b.jpg*

Há ainda no mercado, uma solução mais compacta e de maior flexibilidade, do tipo de menor porte, chamado de minibetoneiras sobre rodas. Estas são betoneiras similares às suas “irmãs”, porém em menor escala, montadas sobre uma unidade de motorização específica (equipamentos de mobilidade autopropelidas, categoria *off-road*, porém não caracterizadas como veículos de transporte). Estas autobetoneiras, além de disporem de capacidade reduzida (em volume), têm aplicação muito peculiar e específica, servindo de meio de transporte apenas dentro dos grandes canteiros. Muitas vezes, estas podem ter equipadas acessórios de carregamento, instalados no equipamento betoneira, podendo servir como meio de produção autônomo do concreto, de pequeno/médio volume, processando-o desde o carregamento (dosagem dos agregados, cimento, água e aditivos), passando para a mistura e homogeneização, até o descarregamento deste na obra em questão.

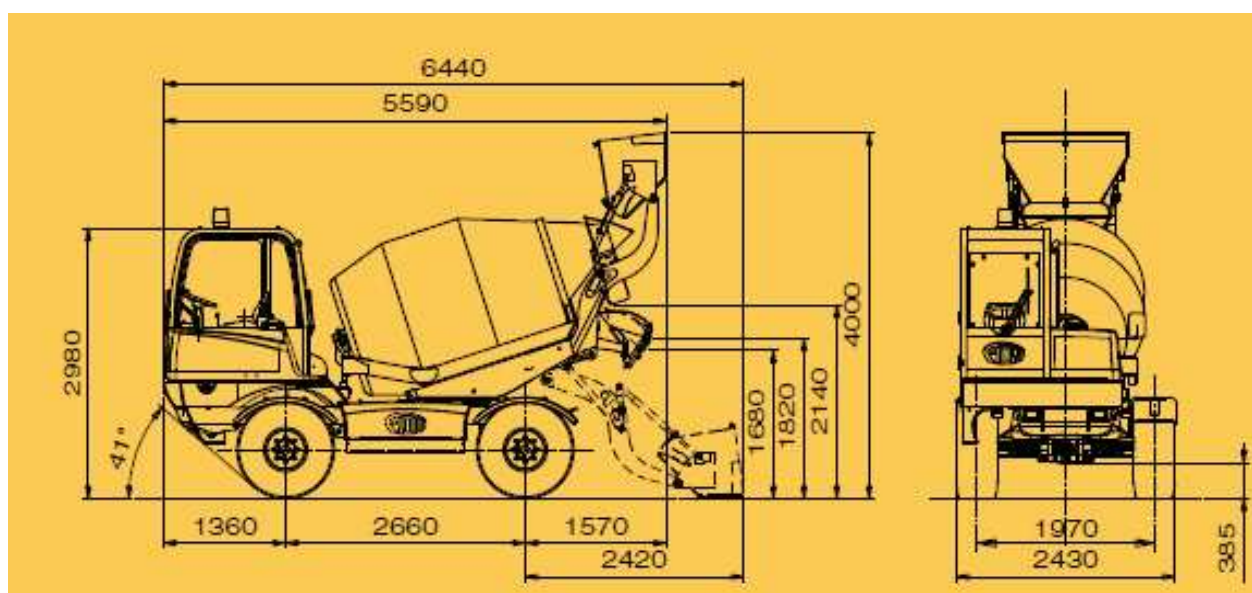



Figura 22. Desenho do dimensional de uma mini-betoneira hidráulica DB460 SL.

Fonte: *Catálogo de Betoneiras FIX Construções.*

Figura 23. Foto de uma autobetoneira MTI8 - INDUMIX.

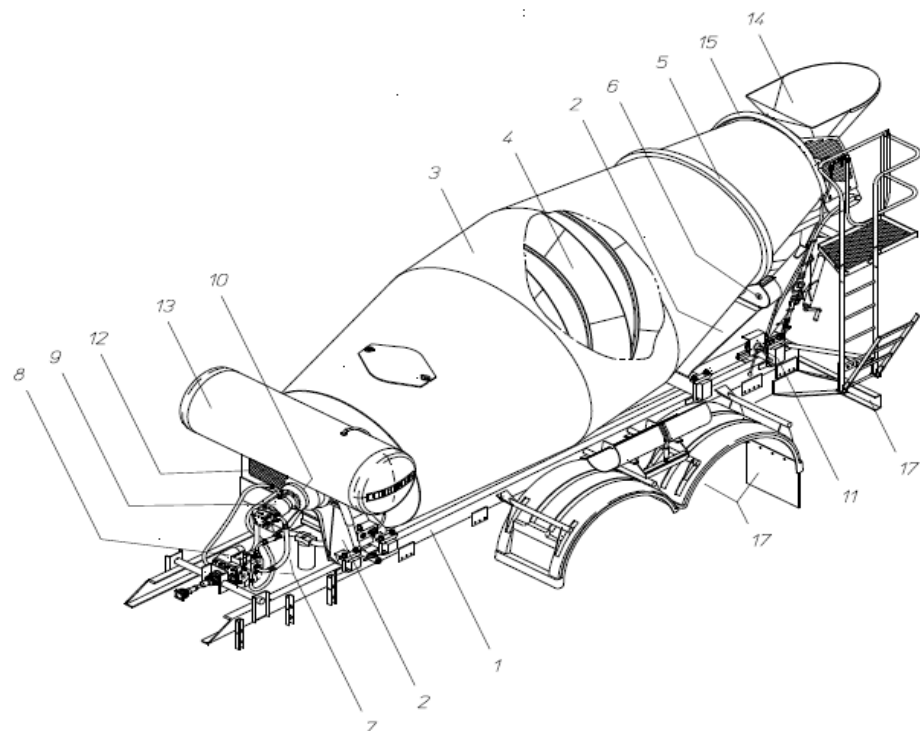
Fonte: *Catálogo Eletrônico de Betoneiras MT INDUMIX.*

1. Redutor planetário;
2. Comando de acionamento;
3. Radiador de óleo hidráulico;
4. Vaso de pressão (reservatório d'água);
5. Funil de carga;
6. "Salva dedos" do balão;
7. Tremonha de descarga;
8. Para-lamas.
9. Superestrutura (ou sobrequadro);
10. Cavalete de apoio do redutor;
11. Tambor (Balão) de mistura;
12. Helicoide de mistura;
13. Anel de rolamento;
14. Rolo de apoio;
15. Mangueiras hidráulicas;
16. Bomba hidráulica;
17. Motor hidráulico;

Figura 24. Autobetoneira hidráulica de concreto LIEBHERR, série HTM.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM, LIEBHERR (2007).*

A autobetoneira de concreto hidráulica é na verdade uma versão modernizada das antigas autobetoneiras mecânicas, acionadas por correntes e cardans, com transmissão de potência feita por meio de uma caixa auxiliar, PTO, tomada na saída da caixa de transmissão do caminhão. Estes equipamentos rudimentares sofriam com as constantes paradas indesejáveis, muitas em função do seu arcaico sistema de acionamento, sem contar dos grandes impactos de segurança operacional e ambiental – índices de ruídos eram altíssimos, soltura de peças e partes de acionamento exposta.

Figura 25. Autobetoneira mecânica (fabricante e modelo desconhecido), montada sobre caminhão GMC 1942.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em:* http://cementtrust.wordpress.com/2011/08/31/a-concrete-mixing-service-at-the-appropriate-scale/

O tambor misturador, comumente chamado de balão de betoneira, é montado com espirais helicoidais, comumente chamadas de facas de mistura, construídas em aço estrutural (do tipo ARBL), altamente resistente à corrosão e erosão. Estes são responsáveis pela mistura do concreto pela ação rotativa de turbilhonamento da mistura, elevando e jogando o material, como em uma roda d'água invertida – *assim como no princípio do "Parafuso de Arquimedes".*

A ação de "giro positiva", no sentido horário (com observação do eixo neutro, na parte traseira), promove-se a ação de mistura - o concreto segue no sentido

negativo horizontal, por meio das espiras helicoidais, fazendo que o concreto siga do cume (borda) ao fundo do balão.

Na reversão, com a ação de giro negativa, no sentido anti-horário (com observação do eixo neutro, na parte traseira), promove-se a ação de descarregamento e limpeza do balão - o concreto segue no sentido positivo horizontal, por meio das espiras helicoidais, fazendo que o concreto siga do fundo do balão ao cume (borda).

Figura 26. Balão de betoneira em corte, com visualização das espiras helicoidais (facas).
Fonte: *Catálogo de Autobetoneiras CONVICTA C8000.*

A descarga na entrega (descarregamento do concreto na obra), é geralmente feita por meio de 3 (três) métodos. São eles:

1) Vertimento.

O descarregamento é direto, efetuado diretamente sobre a peça a ser concretada. Neste método, utilizam-se as calhas do próprio equipamento (uma fixa e 2 móveis), diretamente no molde, no piso e/ou alicerce a ser concretado; e ou ainda com o auxílio de equipamentos de transporte interno, de pequenos porte, como: moegas com rodas, “carrinhos de mão” ou “jericas”.

É o método mais simplório, de menor custo operacional (em termos de equipamentos), porém demandando, dependendo da logística interna da obra, uma quantidade significativa de mão de obra.

Figura 27. Vertimento de concreto num piso.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://www.massaguacu.com.br/produtos.html*

2) Lançamento (ou bombeamento).

O descarregamento é efetuado em bombas de concreto (estacionárias ou de lanças). Neste método, o concreto é despejado nas tremonhas destas bombas, e estas bombeiam o concreto por meio de dutos. Este então é lançado por meio de longas tubulações, fixo ou móvel, nas peças a concretar (lajes, colunas, vigas e/ou fundações).

Figura 28 e 29. Imagens de lançamento/bombeamento de concreto.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://vimeo.com/6931325*

3) Projeção (ou aspersão).

É um método de aplicação, qual utiliza-se da aspersão de um concreto especial, com auxílio de ar comprimido. Neste método uma unidade

misturadora empurra o concreto (geralmente com alta fluidez, e com adição de um acelerador de pega), com auxílio de um fluxo de ar comprimido de alta pressão, por meio de um bico reforçado, de metal duro. Este fluxo de concreto em alta pressão é então direcionado ao local onde se deseja aderir, cobrindo toda a superfície, como num processo de cobertura por pintura. Este método é utilizado na concretagem de malhas de reforços, em travamentos de encostas, travamento de barrancos e/ou muros de contenção.

Figura 30. Imagem de projeção de concreto em encosta.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://solofort.com/concreto.html*

Figura 31. Imagem de trabalho de projeção de concreto em muro de contenção de uma rodovia.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: http://www.tecnogeo.com.br/servicos*

Figura 32. Equipamento utilizado para projeção.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em:* http://www.perfproeletro.com.br/site/produtos/ver/339

O tempo de transporte e descarga do concreto é um fator de grande preocupação, já que nas produções industrializadas deste, nas usinas, têm quase que em totalidade a aplicação de aditivos que aceleram a pega deste. O tempo ideal é contado a partir do início do carregamento até a chegada à obra, e este prazo, geralmente, não deve exceder 1 hora e 30 minutos; sendo que o tempo total até a descarga de todo o volume não deve exceder 2 horas e 30 minutos.

O prazo e duração deste transporte, da dosagem a descarga, pode ainda variar em função de diversos fatores, tais como: temperatura ambiente, temperatura da carga, umidade relativa do ar, tipo de cimento, tipos de aditivos, trajeto/trânsito, fator A/C; entre outros fatores definidos pela NBR 7212 - Execução do Concreto Dosado em Central.

2.7.1. Operação segura da autobetoneira e cuidados básicos.

A autobetoneira hidráulica, por estar montada sobre um caminhão, deve obrigatoriamente ser tratada como tal, assim define LIEBHERR (2007). A condução de um caminhão betoneira, só deve ser feita por motoristas experientes e treinados para isso, pois esse tipo de equipamento apresenta algumas particularidades como:

1. **Cargas extremamente pesadas** – o peso específico médio do concreto (do tipo comum) é de 2,8 kg/m³. Numa autobetoneira de capacidade de 8 m³ (mais utilizada no mercado), temos como peso de carga uma média de 22,4

Ton. O peso do conjunto montado, do equipamento betoneira, temos para este modelo com esta capacidade, uma média de 8,5 Ton.

Totalizando peso de carga + peso de equipamento, tem então um total de 30,9 Ton.

2. **Centro de gravidade vertical excessivamente alto** – devido o sobrequadro de a betoneira estar apoiado sobre o chassi do caminhão, e devido ao tamanho do balão, propriamente dito, temos um centro de gravidade que se apresenta muito elevado, bem acima da linha do caminhão. Este centro de gravidade tende a se deslocar na diagonal do centro do balão, conforme carga, e conforme rotação do balão.
3. **Carga dinâmica** – isso gera excentricidade na distribuição do peso lateral, e também altera a posição do centro de gravidade longitudinal, com no tráfego em rampas. Em declives a parcela de carga no eixo dianteiro tende a aumentar, e em aclives tende a diminuir, e tanto num caso quanto no outro, em função da inclinação da rampa, do volume e do *slump* do concreto a ser transportado poderá ocorrer dificuldade de dirigibilidade e diminuição na eficiência dos freios.

A avaliação do trajeto e o volume de carga a ser transportado devem ser feitas com todo o critério e preservação da segurança e integridade, tanto do operador quanto dos cidadãos transeuntes. As velocidades máximas das vias, assim como as determinadas pelo código de transito da cidade, devem ser respeitadas com todo critério e rigorosidade. Contudo, estudos e avaliações realizadas por empresas do setor, demonstram que as autobetoneiras em via seca não devem ultrapassar a velocidade de 85 km/h, e em vias úmidas, não devem ultrapassar 60 km/h.

Outro fator de suma importância na operação é a preservação do equipamento, não somente com a execução da manutenção preventiva, que parte da área de manutenção, mas sim a manutenção do equipamento no ato de operação. A limpeza constante das partes que tem contato com o concreto (calhas, balão, moega de carga, etc.), assim como a aspersão de óleos biodegradáveis protetores nestas peças.

Segundo a SCHWING STETTER (2009), as etapas envolvidas na operação de betoneiras podem ser enumeradas como segue:

- Carregamento;

- Transporte;
- Mistura;
- Descarregamento;
- Lavagem do equipamento.

a) Carregamento.

- Acionar o comando (1) para girar o tambor de mistura (ou balão) no sentido de carga (terceira alavanca (2), a maior, no sentido horário).

ATENÇÃO: *Essa fase da operação é a de maior solicitação dinâmica, portanto o tambor de mistura (ou balão) NUNCA deve girar com rotação maior que 16 RPM.*

- No carregamento, o giro máximo do tambor de mistura (ou balão) deve ser de 16 RPM.
- Os agregados são adicionados no tambor de mistura (ou balão) através do funil de enchimento (4).

CUIDADO: *Nesta fase muitas partes estarão em movimento, tais como flanges, eixo cardan e tambor. Muita atenção ao se aproximar, manipular comandos e subir na escada ou plataforma. Evite roupas largas, cabelos compridos, gravatas e também deixar objetos em posição de contato com a máquina.*

b) Transporte.

- Regular o giro do tambor de mistura (ou balão) para aproximadamente de 4 a 5 RPM, mesmo quando vazio.
- Travar a bica de descarga, utilizando a trava apropriada.
- Conduzir o veículo evitando-se trancos e solavancos, principalmente em terrenos acidentados.
- Essas medidas visam evitar a formação de imperfeições na pista de rolamento e roletes de apoio, deformações permanentes no chassi, tanto do veículo como da betoneira, quebra de componentes por vibração ou fadiga, desalinhamentos causados por deformações e outros.

ATENÇÃO: *Não trafegar com o tanque de água pressurizado!*

Nunca trafegar com o tambor de mistura (ou balão) parado, mesmo que vazio.

c) Mistura.

- A mistura do concreto ocorre a partir do carregamento, no transporte e, finalmente, no local da obra, onde suas características (consistência / slump) são conferidas.

- Na obra pode ser utilizada a velocidade máxima de giro do tambor de mistura (ou balão) (16 RPM), acionados pelo comando respectivamente no sentido de carga (terceira alavanca, no sentido horário) e máxima aceleração (segunda alavanca, no sentido anti-horário).

ATENÇÃO: *O giro do tambor de mistura (ou balão) NUNCA deve ultrapassar a rotação máxima de 16 RPM.*

- Para visualização do concreto no interior do tambor de mistura (ou balão) o acesso é pela escada lateral (7), que permite uma ampla visão com segurança.

d) Descarregamento.

- Acionar a alavanca de comando da bomba no sentido de descarga (terceira alavanca (2), a maior, no sentido anti-horário).
- Direcionar o concreto para o local de aplicação através da bica de descarga giratória. A posição desejada pode ser fixada através do freio com manípulo (10).
- Se necessário, utilizar a calha sobressalente para aplicações em pontos mais afastados.

ATENÇÃO: *A inversão de giro do tambor de mistura (ou balão), ou seja, ao passar do sentido de carga para o de descarga, deve ser feita de maneira suave e a rotação do motor diesel do veículo deve estar em marcha lenta, para que não haja trancos no sistema hidráulico e de transmissão, que podem comprometer a vida útil do conjunto.*

e) Limpeza do equipamento.

- Lavar com água SEMPRE que houver um descarregamento;
- Usar o ponto de lavagem superior para limpeza do funil de enchimento (8), calhas e bicas de descarga, após cada descarregamento;
- Lavar internamente a betoneira após cada descarregamento, através da utilização de 100 a 200 litros de água no interior do tambor de mistura (ou balão), que servirá para limpeza interna durante o retorno do veículo para o carregamento seguinte – Travar o tambor de mistura (ou balão);
- Ao término diário, completar o tambor de mistura (ou balão) com água suficiente, e deve ser colocado em funcionamento por 5 - 10 minutos na velocidade máxima na posição de rotação “Mistura”.

- Não utilizar produtos ácidos para a limpeza da betoneira, pois causa início do processo de corrosão no equipamento.
- O grupo de carga e descarga deverá ser totalmente limpo a cada ciclo de operação. Lavar o funil de carga, a calha de descarga (V) e demais componentes superiores utilizando-se do ponto de água superior. A parte inferior da calha de descarga (V), a bica giratória e demais componentes inferiores deverão ser lavados utilizando-se do ponto de água inferior.
- Restos de cimento e agregados secos aderidos nas superfícies do equipamento, tendem a aumentar, pois facilitam a adesão de mais material. Além de prejudicar o fator estético do equipamento, é peso adicional. Quando fixo na região interna do tambor de mistura (ou balão) gera desbalanceamento. Em outros pontos pode comprometer o funcionamento de mecanismos e articulações, trava as porcas e parafusos e retém umidade que contribui para uma corrosão precoce.
- Essa água poderá ser utilizada no traço do carregamento seguinte;

2.7.2. Recomendações de segurança para operação de autobetoneira.

Segundo a SCHWING STETTER (2009), em seu MANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE BETONEIRAS, define de forma clara e bem objetiva, alguns critérios a serem observados, considerados como recomendações essenciais para operação de autobetoneiras de forma segura. Estas recomendações podem ser utilizadas para outros modelos e marcas de equipamentos, já que o principio de funcionamento é muito similar aos demais, havendo poucas particularidades. São as seguintes recomendações:

Recomendações gerais de segurança.

1. O equipamento betoneira fora construído conforme tecnologia de ponta e é segura para o trabalho, não obstante, algum problema pode acontecer se a máquina for operada indevidamente por pessoas sem a habilidade necessária ou se não for usada para o propósito planejado.
2. Qualquer pessoa envolvida na desmontagem e montagem, ligação, operação, e manutenção (inspeção, manutenção corretiva, manutenção preventiva, conserto) deverão ler e entender as instruções operacionais completas, especialmente os “Regulamentos de Segurança”.
3. Autobetoneira é a máquina utilizada para transportar e misturar concreto, argamassa ou material de fluído semelhante, que não seja perigoso e/ou

prejudicial ao ambiente. A betoneira não está planejada para qualquer outra utilização. O fabricante não é responsável por qualquer dano disso resultante – **o risco será apenas do usuário!**

4. O uso indicado deste equipamento também inclui que a desmontagem e remontagem, ligação, operação, e condições de manutenção especificadas pelo fabricante devem ser observadas.

5. A máquina deve somente ser operada, e receber manutenção serviços autorizados e/ou pessoas treinadas. Possíveis riscos devem ser especialmente observados e avaliados, assim como medidas de mitigação e contenção.

6. A responsabilidade na desmontagem e montagem, início de operação e manutenção devem ser claramente observadas com responsabilidade para evitar problemas com a segurança.

7. Observe sempre as instruções mostradas nas "Instruções Operacionais" durante todo o trabalho relacionado à montagem, desmontagem, início, operação, ajuste e manutenção.

8. É proibido qualquer método de trabalho que possa afetar as normas de segurança.

9. O operador também deve ter a certeza de que as pessoas não autorizadas não podem trabalhar com a máquina, e que ninguém pode permanecer na área de trabalho da autobetoneira.

10. Ninguém deve ficar sobre o corpo da betoneira como, por exemplo, na escada, vigília inferior, ou semelhante, durante a locomoção.

11. Nunca toque no tambor de mistura (ou balão) quando este estiver em movimento (girando).

12. Opere as autobetoneiras somente em rodovias/estradas/ruas ou áreas onde possa dirigir com segurança e tenha capacidade para suportar o peso.

13. Cuidado com o centro de gravidade da autobetoneira, quando este estiver carregado principalmente em piso inclinado, em subidas/descidas e em curvas.

14. Dependendo da velocidade, a carga poderá se deslocar lateralmente nas curvas ocasionando um capotamento. Recomenda-se observação

constante e criteriosidade na condução, com respeito total ao limite de velocidade.

15. Mantenha distância dos barrancos, pois o peso do veículo poderá causar deslizamentos.

Trabalho no tambor misturador (ou balão).

16. Antes de começar o trabalho dentro do tambor de mistura (ou balão), deve-se estar seguro contra possíveis partidas súbitas da betoneira através dos controles principais.

17. O operador deve ser treinado para remover a chave de ignição e da fechadura da porta, trancar a cabine do caminhão. Se a máquina for equipada com um motor auxiliar, o operador deve remove a chave de ignição bem como ficar com a mesma.

18. Deve-se providenciar ventilação suficiente antes e durante o trabalho para assegurar-se de que nenhuma concentração de gás, vapores metálicos, pós ou ausência de oxigênio aconteça.

19. Ao usar equipamento elétrico, devem ser tomadas algumas medidas de segurança contra perigos causados por corrente elétrica.

20. Durante o trabalho de soldagem e ou corte observe o regulamento para prevenir acidentes. “Solda, oxicorte e processos de trabalhos relacionados” – NR18.

21. Durante trabalho realizado em lugares estreitos, este deve ser provido constantemente de circulação de ar, para que o mesmo fique livre de substâncias prejudiciais.

22. Não é permitida a ventilação com oxigênio puro!!!

23. Se a ventilação não for suficiente, providencie equipamento adequado para a ventilação (equipamento com mangueira de ar-comprimido, mas sem ser de oxigênio puro).

24. Se durante o trabalho externo em containers ou lugares onde as pessoas são expostas a gases ou vapores, os regulamentos devem ser observados nos dois parágrafos prévios para assegurar a segurança das pessoas envolvidas.

25. Geradores de acetileno, outros geradores de gás de oxigênio combustível e cilindros de oxigênio não devem ser montados ou armazenados.

Cuidado ao realizar serviços de Solda ou Corte.

a) Em ambientes estreitos com paredes com condução elétrica;

b) Sob condições restritas entre ou sobre partes com condução elétrica;

c) Em lugares de restrita liberdade de movimentos, próximo de componentes elétricos ou condutores de eletricidade;

d) Em recintos molhados ou quentes;

26. O pessoal responsável deve estar protegido contra contato com componentes eletricamente condutores ou pisos e paredes úmidos por meio de revestimento em camadas isolantes. As camadas isolantes devem ser providenciadas pelo proprietário da máquina. Se as camadas isolantes não podem ser usadas devido a perigos adicionais resultantes da utilização com risco de queda, ou pelas condições de espaço específicas ao local de trabalho, o pessoal operacional deve usar pelo menos roupas apropriadas e secas.

27. A fonte de corrente para solda atual não deve ser instalada em ambientes estreitos com paredes eletricamente condutoras.

Instruções para o Trabalho de Solda no Misturador.

28. Antes de começar o trabalho de soldagem desconecte o terminal negativo da bateria do caminhão, caso contrário os componentes eletrônicos dos cartões eletrônicos do controle da bomba CSD, controle infravermelho JFS, e o sistema ABS antibloqueio pode ser danificados.

29. Os cartões eletrônicos só podem ser desconectados quando inativo.

2.7.3. Sistema de acionamento (trem de força).

O sistema de acionamento das autobetoneiras de concreto é o principal sistema responsável pela transmissão de força e potência da betoneira. Este conferirá a potência e o torque necessário pra acionar o balão da betoneira, promovendo o giro deste, para a efetividade do: carregamento, mistura, transporte e descarregamento.

Segundo a SCHWING STETTER (2009), o sistema de acionamento das betoneiras de um modo geral é composto por um sistema hidráulico do tipo hidrostático – com utilização de equipamentos hidráulicos de alta pressão (faixa de 250 bar), quais conferem uma variação de velocidade na rotação, com possibilidades de ação contínua e reversiva; e por um sistema de acionamento mecânico auxiliar – com a utilização de um redutor de engrenagens do tipo planetário e uma tomada de força (PTO), do inglês Power Take-Off.

A união destes 2 (dois) sistemas: sistema hidráulico e sistema de acionamento mecânico, comumente se da o nome de “trem de força”.

O sistema de acionamento (trem de força), como um todo, é composto basicamente por:

a) Bomba hidráulica;

b) Motor hidráulico;

c) Redutor planetário;

d) Comando de acionamento (mecânico ou eletromecânico);

e) Tomada de força (PTO);

f) Reservatório de óleo hidráulico;

g) Filtro de óleo hidráulico;

h) Trocador de calor;

i) Medidor de *Slump* hidrostático;

j) Fluído hidráulico;

k) Acessórios diversos, tais como: válvulas, tubos, mangueiras e etc.

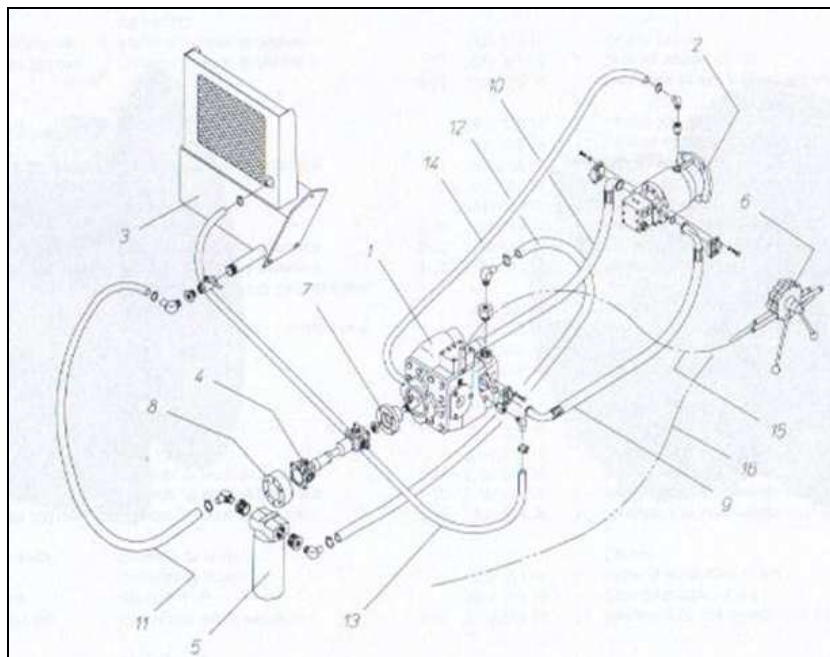



Figura 33. Esquema de um sistema de acionamento de uma betoneira HTM LIEBHERR.

Fonte: *Manual de Peças de Reposição de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

a) Bomba hidráulica.

A bomba hidráulica utilizada em autobetoneiras é do tipo hidrostático, de pistões axiais, de vazão variável e reversível, com faixas de pressão de 190 a

260 Bar (dependendo do tipo de sistema). São montadas com placas de acionamento móveis, podendo ou não ter instalado o sistema de controle de vazão do tipo "*Load sensing"* – sistema sensível à carga.

Estas bombas têm instalado uma bomba de carga, responsável pelo acionamento da placa de variação de rotação, e também de responsável pela lubrificação do conjunto completo. Estas geralmente trabalham com rotação máxima de 2900 a 3800 RPM, deslocamento máximo de 18 a 22 cc/rev e com pressão de trabalho de 190 a 260 Bar.

Este modelo de bomba é acionada através de um eixo cardan, que este é acionado por sua vez, por meio de uma tomada de força (PTO), instalada na periferia do motor diesel do caminhão, ou unidade de força independente (motores elétricos, nas aplicações estacionárias autônomas).

As bombas poderão ser do tipo direito e esquerdo, isto é, a direção de rotação do acionamento, é diretamente proporcional ao sentido de rotação da tomada de força (PTO).

Há basicamente 3 (três) marcas de bombas hidráulicas mais comuns, utilizadas em autobetoneiras de concreto: SAUER DANFOSS, EATON e SUNDSTRAND HYDRO.

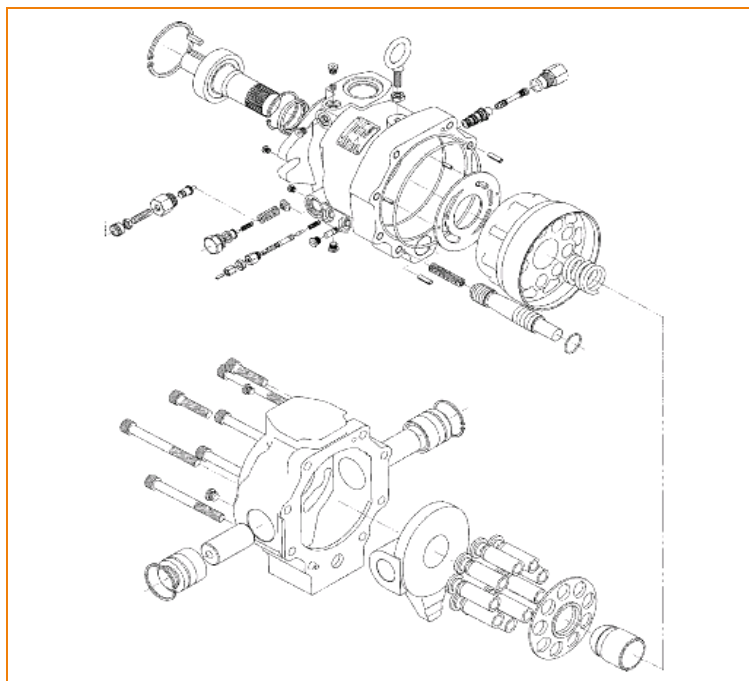



Figura 34. Bomba hidráulica de pistões axiais EATON Serie 30, explodida.

Fonte: *Imagem da internet, disponível em: FLUID POWER Serviços hidráulicos - http://www.fluidpower.com.br/catalogo/pdf/bombas_fechado_HD.pdf.*

Bomba Hidráulica VTG (Hydromatik) com bomba de alimentação, circuito de alimentação, check válvula e válvula de alta pressão.

Redutor da autobetoneitra PLM 7/8 (ZF) com motor hidráulico integrado, trocador de calor acoplado, filtro e válvula Flushing.

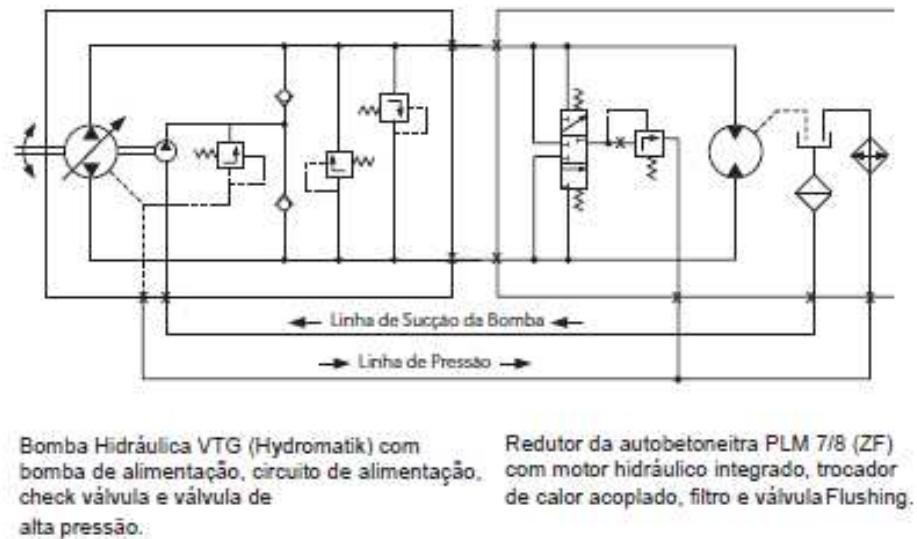



Figura 35. Diagrama hidráulico de uma bomba hidráulica de pistões axiais VTG – SUNDSTRAND.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

Bomba Hidráulica SPV (Sauer) com bomba de alimentação, circuito de alimentação, válvula de retenção e válvula de alívio.

Redutor da autobetoneitra PLM 7/9 (ZF) com motor hidráulico integrado, trocador de calor acoplado, reservatório, filtro e válvula de alta pressão.

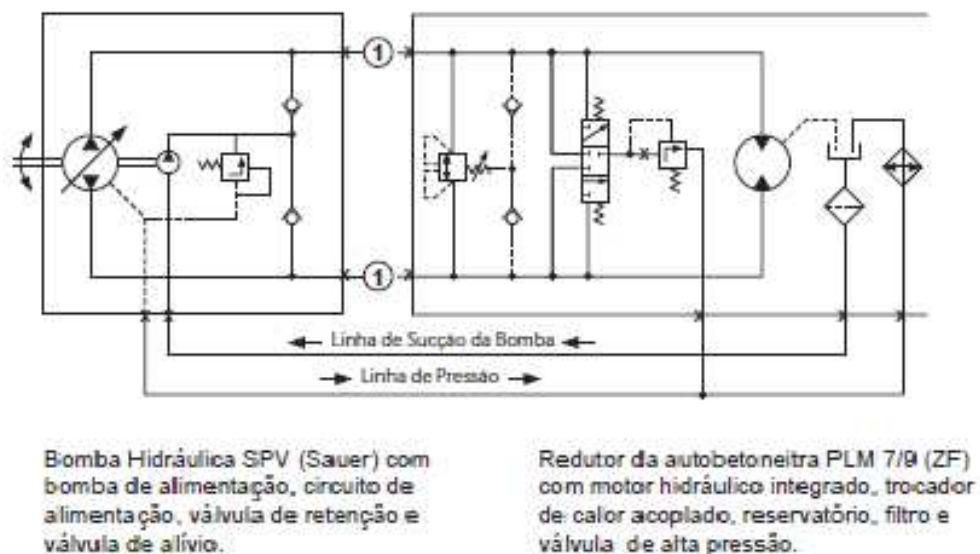



Figura 36. Diagrama hidráulico de uma bomba hidráulica de pistões axiais SPV – SAUER DANFOSS.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

b) Motor hidráulico.

O motor hidráulico utilizado em autobetoneiras é o modelo de vazão variável e reversível, de pistões axiais. Este está fixado diretamente ao redutor planetário (face-to-face), através de acoplamento estriado e parafusos de fixação nos seus flanges. Estes motores hidráulicos são grande capacidade de torque e potência, e de rotação variável.

Em suma, os motores hidráulicos recebem a energia hidráulica fornecida pela bomba hidráulica e a transforma esta em energia mecânica, proporcionando a rotação do tambor de mistura (ou balão).

Estes motores possuem rotação máxima (médio) de 3200 a 4000 RPM (de acordo com o modelo de motor), e com pressão de trabalho de até 300 Bar, e com deslocamento máximo de 70 a 75 cc/rev.

São comumente adotados, basicamente, 3 (três) marcas de motores hidráulicos, em autobetoneiras de concreto: SAUER DANFOSS, EATON e PARKER.

c) Redutor.

O redutor aplicado em autobetoneiras é do tipo planetário, onde sua redução de rotação, com expressivo aumento de carga rotativa, é feito por meio de pinhões circulares, quais chamamos de satélites, girando sobre uma cremalheira circular.

O referido redutor é o principal apoio de sustentação do tambor de mistura (ou balão), onde está diretamente flangeado. Ele gira apoiado num sistema de mancal autocompensador, permitindo oscilação máxima de 6° em todos os sentidos. As principais funções deste redutor planetário são:

1) Reduzir a rotação do motor hidráulico;

2) Multiplicar a potência e torque do motor hidráulico;

3) Apoiar o balão da betoneira;

4) Promover a rotação do balão, conforme especificações técnicas e necessidades para com a mistura do traço.

Estes redutores possuem torque máximo (médio) de 5200 a 7800 kgf.m (de acordo com a capacidade de cada autobetoneira) e com relação de redução de engrenamento, R = 1:135.

Existem basicamente, 3 (três) marcas de redutores planetários utilizados em autobetoneiras de concreto: ZF, TRASMITAL e BONFIGLIOLI.

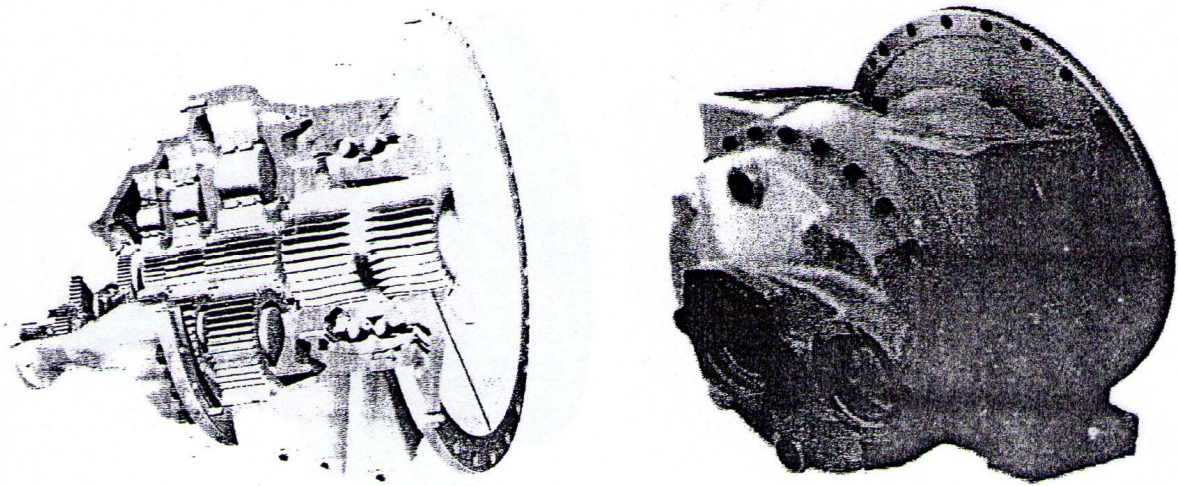



Figura 37. Imagem de um redutor planetário (em corte e normal) TRASMITAL.
Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

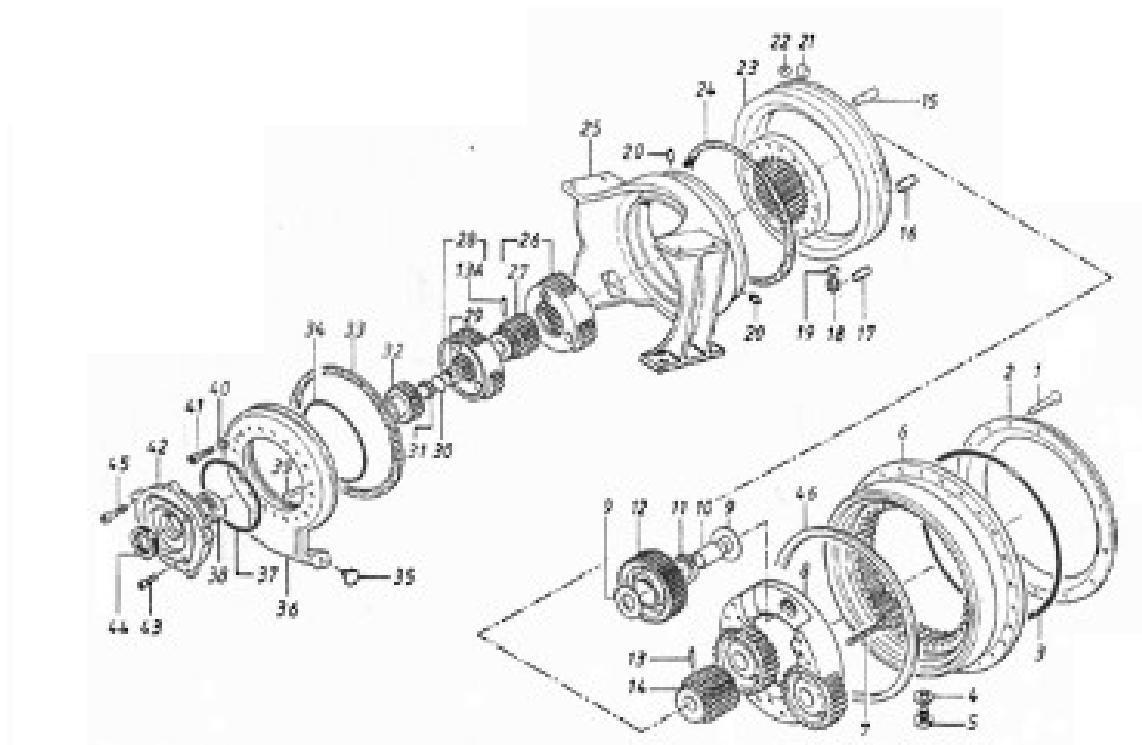



Figura 38. Imagem de um redutor planetário BONFIGLIOLI em corte.
Fonte: *Imagem da internet, disponível em: FLUID POWER Serviços hidráulicos - http://www.fluidpower.com.br/catalogo/pdf/redutores_panetarios_fechado_HD.pdf.*

d) Comando de acionamento.

O sentido e a velocidade de rotação do tambor de mistura (ou balão) são obtidos através do comando, que é composto de 3 (três) alavancas e dois cabos de aço, quais estão ligados diretamente nos “governores”: da bomba injetora do motor diesel, e da bomba hidráulica. Destas 3 (três) alavancas: uma delas tem a função de regular a rotação do balão, uma segunda tem a função de regular o sentido de rotação, e uma terceira tem a função de travar as outras.

O comando pode ser ainda do tipo eletromecânico, acionado por meio de 3 (três) botões, e estes acionam solenóides, instaladas nos “governores” da bomba injetora do motor diesel, e da bomba hidráulica. Neste caso, em vez de cabos de aço, o acionamento é elétrico remoto.

e) Tomada de força (PTO).

Tomada de força (PTO) Power Take - Off, são caixas de transmissão de potência, como redutores de velocidade, utilizadas como meio de ligação e transmissão de força, proveniente de uma unidade motora. Nas autobetoneiras, estas são utilizadas para promover acionamento de uma unidade de trabalho, a bomba hidráulica, por meio da transmissão da potência e torque, advindo da unidade motora, o motor diesel do caminhão.

A tomada de força (PTO) utilizada nas autobetoneiras podem ser de 2 tipos: (1) Diretas e (2) Motorreduzidas.

1. **Diretas** - as tomadas de força do tipo direta, o acionamento é tomado pela parte frontal do motor diesel do caminhão. O eixo cardan é ligado diretamente ao eixo de manivelas do motor, acoplado sobre a polia principal deste. Este modelo de tomada de força é comum em caminhões FORD (até 2008), VW (até 2006) e MBB (até 2005).
2. **Motorreduzidas** – as tomadas do tipo motorreduzidas, o acionamento é tomado pela parte traseira do motor diesel. O eixo cardan é ligado em um redutor de velocidade, acoplado ao eixo de manivelas do motor, entre o eixo piloto de acionamento.

f) Reservatório de óleo hidráulico.

Este reservatório é o responsável pelo acondicionamento do óleo hidráulico, e é confeccionado geralmente de aço estrutural, do mesmo tipo utilizado na confecção dos acessórios de descarga, instalado no cavalete dianteiro, ligado

ao sobrequadro. Muitos destes, adotados por poucos fabricantes, podem ser montados no próprio reservatório de água, utilizando-se desta para auxílio na refrigeração – o sistema vira um similar ao trocador casco-tubo.

g) Filtro de óleo hidráulico.

Todos os fluídos hidráulicos contêm certa quantidade de contaminantes (muitas vezes toleráveis, e esta tolerância, chamamos de Índice de Sujidade). A necessidade do filtro, no entanto, não é reconhecida na maioria das vezes, pois o acréscimo deste componente particular não aumenta, de forma aparente, a ação ou vida da máquina, muitas vezes exigindo de pressão extra (no geral, filtros quando mal dimensionados, causam expressiva perda de carga).

As partículas de sujeira podem fazer com que máquinas caras e grandes falhem, assim como no caso do sistema hidráulico das autobetoneiras. A contaminação causa problemas nos sistemas hidráulicos porque interfere no fluído, e por consequência a vida dos componentes, acelerando o desgaste das partes móveis, riscando as áreas de exercício de pressão, ocasionando vazamentos, perda de desempenho, etc.

Segundo a PARKER TRAINING (1999), existem no mercado 2 (dois) padrões que estabelecem critérios de controle e estudo do índice de sujidade de um óleo hidráulico: Padrão ISO e Padrão NAS, sendo o primeiro mais utilizado atualmente, devido seu critério de análise ser mais preciso. A norma ISO 4406 (International Standards Organization), classifica os níveis de padrão de limpeza dos óleos, e de fluídos. Uma versão mais moderna, vastamente utilizada deste padrão, refere-se ao número de partículas maior que 2, 5 e 15 µm (mícrons) em certo volume, geralmente 100 mililitros – a medição da sujidade, neste caso, é estabelecida pela quantidade de corpos estranhos, classificados uma escala de 3 (três) medidas. Já a escala NAS 1638, estabelece apenas uma média da medida da maior partícula presente em certo volume. Por meio de tabelas especificas, ambas as normas podem se correlacionar, facilitando assim a especificação dos filtros e padrões de limpeza do sistema.

Adjunto ao reservatório, em quase todos os modelos está localizado o sistema de filtragem do óleo, utilizando-se um sistema de filtragem de retorno, com a montagem de um cabeçote do tipo de restrição de fluxo unidirecional, com “by-pass”, com a utilização de filtros de papelão hidráulico, de cartucho blindado,

geralmente de 5 a 10 µm (mícron) (ou outro filtro que atenda a especificação de grau de sujidade do óleo hidráulico, indicada pelo fabricante).

Ainda segundo a PARKER TRAINING (1999), os fabricantes de válvulas hidráulicas e de bombas hidráulicas dos modelos de pistões axiais, indica que o óleo hidráulico, independente do tipo e especificação, deverá atender no mínimo o índice ISO 18/16/13 (ou NAS - 7), de modo a preservar a vida destes componentes. Na presença de válvulas hidráulicas proporcionais nos sistemas, onde a precisão na pilotagem é alta, o índice mínimo aceitável é de ISO 16/14/11 (NAS - 5).

h) Trocador de calor.

A deterioração dos fluídos no sistema hidráulico, muitas vezes ocorre devido a temperaturas elevadas, portanto, é aconselhável manter a temperatura de funcionamento do fluído hidráulico bem abaixo dos 60℃. Para isto, se faz necessário a utilização de um trocador de calor, equipamento este responsável pela troca térmica do óleo hidráulico, diminuindo seu gradiente de temperatura. Este trocador poderá ser do tipo “casco-tubo”, muito utilizado nos modelos mais antigos, onde a própria água do sistema de dosagem é a responsável pela troca térmica.

Poderá ainda ser do tipo radiador de aletas (com auxilio de ventoinha), onde o ar (fluxo forçado entre as aletas) é o veículo desta troca térmica. Neste último modelo, o mais utilizado nos modelos atuais, o conjunto está montado diretamente sobre o reservatório de óleo hidráulico. A ventoinha esta acoplada a este trocador, suas pás diretamente sobre a perpendicular das aletas, e o acionamento desta é eletromecânico (utilização de sensores térmicos de mínima e de máxima temperatura).

Assim que a temperatura do óleo hidráulico atinge aproximadamente 70º C, o termostato fecha o circuito alimentando a bobina do relê, que por sua vez liga o ventilador.

i) Medidor de *Slump* hidrostático.

O medidor de *slump* é um instrumento instalado em muitos modelos de autobetoneiras, que visa indicar, de forma dinâmica, o *slump* do concreto em processo de mistura dentro do balão. Este dispositivo é geralmente instalado no sistema hidráulico, medindo diretamente o torque desenvolvido no ato de

giro do balão, do motor hidráulico, vencendo deste modo à inércia do concreto ao giro.

Como em um indicador de um dinamômetro hidráulico, este dispositivo visa comparar o torque desenvolvido no ato do giro do balão, ao vencer a inércia do giro provocado pela fluidez do concreto, no ato de mistura, como ação:

I. **Concreto mais fluídico** – o balão da autobetoneira terá menor dificuldade de ação de rotação na mistura, e menor torque será exigido ao girar este balão – *slump* mais alto;
II. **Concreto menos fluídico** – o balão da autobetoneira terá menor dificuldade de ação de rotação na mistura, e maior torque será exigido ao girar este balão – *slump* mais baixo.

j) Fluído hidráulico.

Segundo a PARKER TRAINNING (1999) O fluído hidráulico é o elemento vital de um sistema hidráulico industrial. Um fluído é definido como qualquer líquido ou gás, capaz de escoar. Entretanto o termo "fluído", no uso geral em hidráulica, refere-se ao líquido utilizado como meio de transmitir energia – *oleodinâmica.* Este pode ser um óleo derivado do petróleo, um óleo composto sintético, ou um fluído especial à prova de fogo, essencialmente sintético. A seleção e o cuidado na escolha do fluído hidráulico terão um efeito importante no desempenho e na vida dos componentes hidráulicos de uma máquina. Os fluídos hidráulicos são compostos basicamente por óleos base + aditivos.

Os fluídos hidráulicos têm 5 (cinco) funções primárias:

1. Transmitir energia;
2. Lubrificar peças internas que estão em movimento;
3. Transferir (dissipar) calor dos conjuntos;
4. Vedar folgas entre peças em movimento;
5. Limpar o sistema e as superfícies das peças.

Os fluídos hidráulicos utilizados nos sistemas hidráulicos das autobetoneiras hidráulicas são do tipo mineral, de especificação ISO VG 68.

k) Acessórios.

Os acessórios utilizados nas autobetoneiras são basicamente componentes de auxílio à ligação do sistema hidráulico e do sistema de acionamento mecânico, tais como: mangueiras, conexões e tubulações. Como o sistema trabalha com pressões médias/altas, na casa de 250 Bar, há a evidente necessidade de

utilização de mangueiras hidráulicas reforçadas, do tipo 3 ou 4 tramas de aço, segundo norma SAE J517, sendo:

- **Na sucção:** recomenda-se a utilização de mangueiras de 2 ou 3 tramas de aço, conforme SAE J517 – tipo SAE 100 R12.
- **No recalque:** recomenda-se a utilização de mangueiras de 4 tramas de aço, conforme SAE J517 - tipo SAE 100 R4 AT (dependerá diretamente da pressão de trabalho, de acordo com a especificação do fabricante).

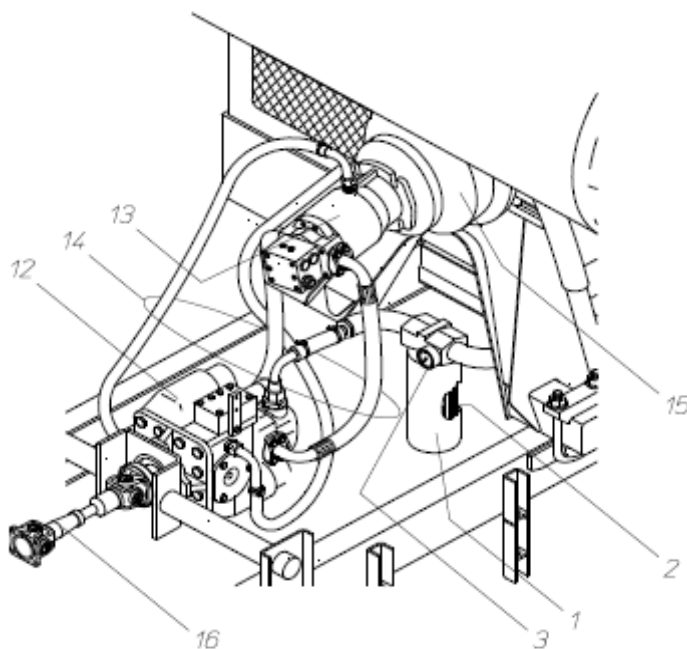



Figura 39. Conjunto hidráulico de uma betoneira.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM, LIEBHERR (2007).*

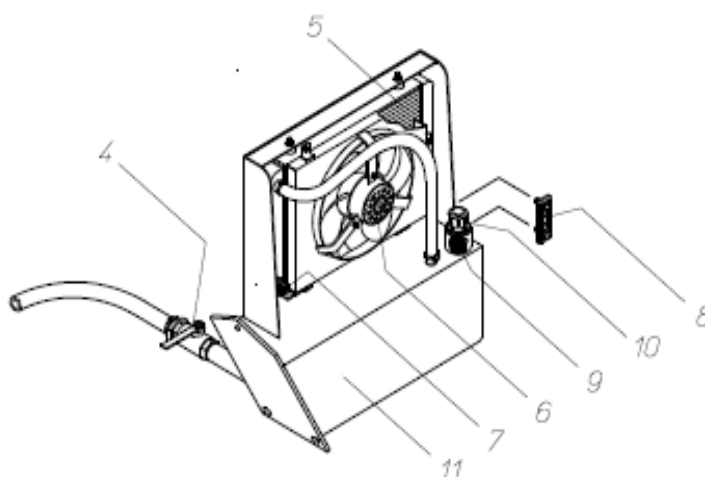



Figura 40. Detalhe do reservatório de óleo hidráulico e do trocador de calor do sistema hidráulico.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM, LIEBHERR (2007).*

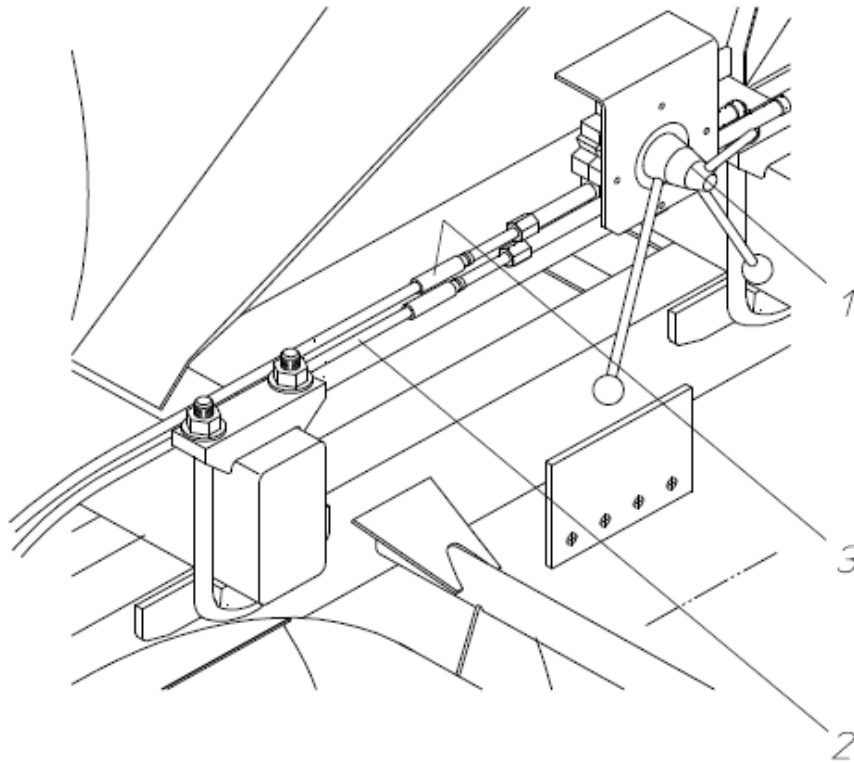



Figura 41. Detalhes do comando de acionamento da betoneira.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM, LIEBHERR (2007).*

Figura 42. Detalhes do sistema hidráulico de uma betoneira MTI8 INDUMIX.

Fonte: *Catálogo Eletrônico de Betoneiras MT – INDUMIX.*

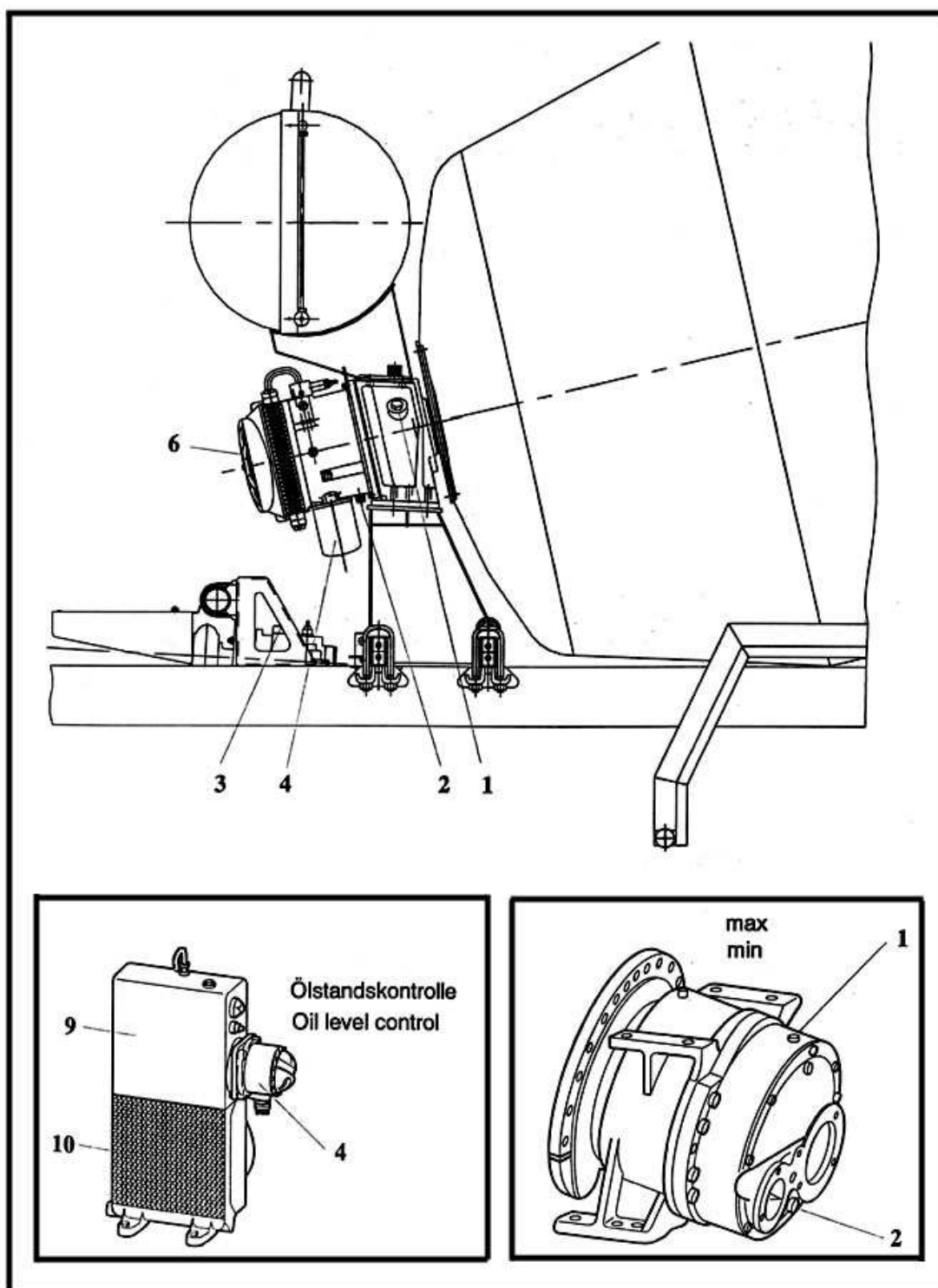



Figura 43. Detalhes do sistema de acionamento e do sistema hidráulico.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

2.7.4. Superestrutura e tambor de mistura (ou balão) de mistura.

Conforme define a LIEBHERR (2007), em seu MANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE BETONEIRAS, a superestrutura é na verdade a base estrutural da autobetoneira, isto é, o conjunto de estruturas metálicas, conformadas

mecanicamente, e soldadas, responsável pela sustentação e acondicionamento de todos os componentes, e demais instrumentos e acessórios.

Esta parte é a principal responsável pela estabilidade e resistência às deformações e esforços do equipamento em si, provenientes do trabalho com o concreto (dosagem, mistura, transporte e descarga), assim como esforços diversos, externos, provenientes do trabalho da suspensão do caminhão (distorções da ação da suspensão para com o solo, na passagem sobre buracos e depressões, frenagens, acelerações, curvas, etc.).

A superestrutura ainda atua como um meio de ligação e estabilização do referido equipamento betoneira para com o caminhão, intervindo diretamente na dirigibilidade segura, segurança na operação da autobetoneira e integridade mecânica de ambos.

Já o tambor de mistura (ou balão), comumente chamado de balão, é o conjunto mecânico essencial ao trabalho com o concreto. Neste será efetuado as principais tarefas, como: carregamento, mistura e descarregamento. Sendo este o principal meio de trabalho com o concreto, qual ficará em constante ação junto ao mesmo. Devido esta ação direta com o concreto, é evidente que este equipamento deve receber atenção especial, frente às características inerentes deste, como: alta abrasividade, alta densidade, promoção de erosão fluídica, etc.

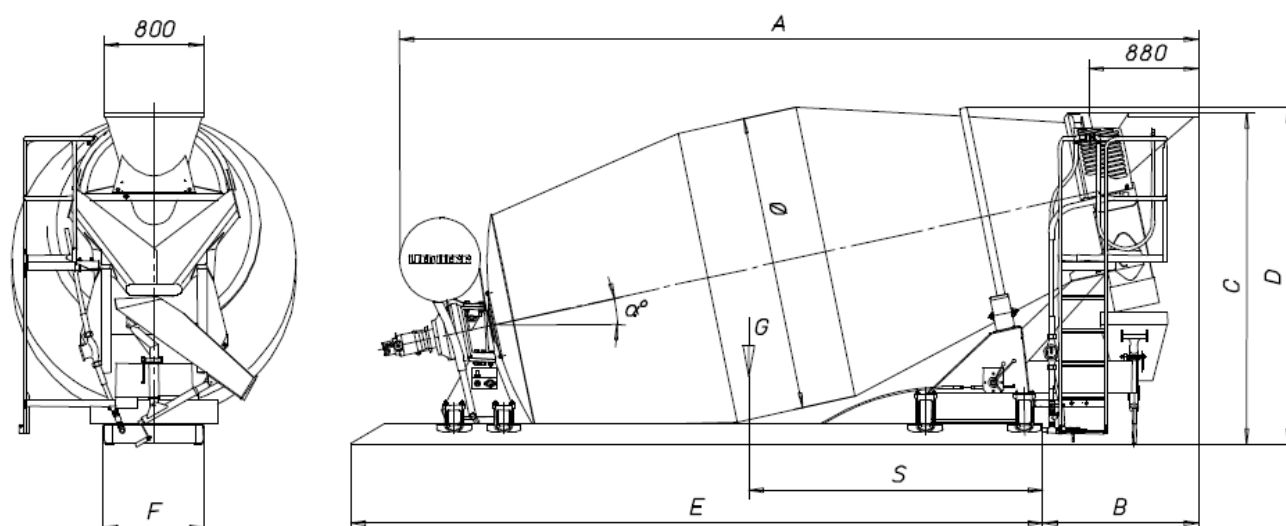
Outros acessórios não são menos importantes, e necessitam de grande atenção assim como os demais equipamentos, já que muitos têm os mesmos inconvenientes, como: o contato com o concreto, contato com a água (e alguns com o inevitável empoçamento desta); acelerando o processo de degradação, decorrente da corrosão.

	Betoneira Hidráulica HTM	HTM-604	HTM-704	HTM-804	HTM-904	HTM-1004	HTM-1204
A	Comprimento Total	5630	5965	6462	6880	7280	6938
B	Balanço Traseiro	1188	1222	1256	1241	1254	1190
C	Altura do Funil de Enchimento	2528	2540	2575	2634	2645	2738
D	Altura Total	2542	2570	2620	2721	2778	2839
E	Comprimento do sobrequadro	Depende do Veículo					
F	Largura do sobrequadro	Depende do Veículo					
G	Peso (kg)	4300	4500	4600	4900	5200	5500
S	Centro de Gravidade	2143	2275	2515	2754	3027	2707
Ø	Diâmetro do Tambor	2300					2400
α	Inclinação do Tambor	14	13	12	11	10	11

Figura 44. Detalhes dimensionais das autobetoneiras SCHWING STETTER.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

a) Sobrequadro.

O sobrequadro, ou quadro base, da autobetoneira é geralmente fabricado em chapa de aço carbono estrutural de alta resistência baixa liga, dobrado e soldado. Cada fabricante escolhe um tipo de aço, porém o mais indicado para tal aplicação é o do tipo estrutural, da família de aços carbonos ARBL (HSLA ou BLAR) – Alta resistência e baixa liga. Estes aços estruturais conferem propriedades particulares, muito superiores aos aços carbonos comuns, como: excelente resistência ao desgaste, corrosão e erosão. O tipo de aço estrutural muito utilizado na fabricação de sobrequadros é o aço estrutural patinável, laminado a quente, conforme normas: DIN 17100 - RR ST 52.3 ou ASTM A-572-Gr 50, com 9,5 mm de espessura. Comercialmente o aço mais utilizado da família ARBL (HSLA ou BLAR), que atende tais normas (DIN e ASTM) é o USI SAC 350, com 350 MPa de tensão de escoamento, fabricado pela USIMINAS.

Este sobrequadro segue a mesma espessura, assim como o acompanhamento do traçado do chassi do caminhão.

O sobrequadro, dentre outras funções, tem a função básica e primordial de distribuir os esforços do equipamento uniformemente sobre o chassi do caminhão; e receber e distribuir uniformemente os esforços advindos da suspensão do caminhão.

A fixação do sobrequadro no veículo segue estritamente a orientação de cada montadora, como: a minimização/otimização de furação da alma do chassi, a proibição da furação térmica (furação por meio de arco-plasma, oxicorte ou outro método térmico), e com atenção especial ao residual mínimo na secção – quantidade mínima de material residual na área da secção do chassi. A fixação do sobrequadro no chassi da autobetoneira é feita através de placas laterais, soldadas ao longo do quadro, e estas fixadas por meio de parafusos de alta liga e de grande resistência ao cisalhamento (classe 11.9), dispostos conforme as especificações da montadora.

b) Tanque de pressão de água.

Há instalado no cavalete superior, acima do redutor planetário, um tanque de pressão d'água. Este geralmente possui capacidades de 550 a 750 L (dependendo do tipo de betoneira, fabricante e capacidade desejada). Este é construído em aço carbono estrutural, conforme ASTM A-36 – GR 30. O mesmo tem instalado uma válvula de segurança (PSV), para manter a integridade do mesmo e do pessoal de operação, já que este trabalha pressurizado pelo sistema de ar comprimido (geralmente a 4 Bar)

---

5. Aços Carbono ARBL (Alta Resistência e Baixa Liga): Os aços carbonos ARBL (Alta Resistência e Baixa Liga), ou HSLA (High Strech Low Alloy), ou ainda BLAR (Baixa Liga Alta Resistência), são aços carbonos estruturais, laminados a quente, com propriedades muito especificas, utilizados em aplicações que requeiram tais especificidades.

Os aços estruturais ARBL possuem tensões de escoamento mais altas do que aços carbono laminados a quente comuns. Os aços de baixa liga tratados termicamente e os aços de alta resistência (ARBL, ou HSLA, ou BLAR) também possuem temperaturas de transição dúctil/frágil mais baixa do que aços carbono. Estes aços também apresentam diferenças de propriedades mecânicas e formas de produtos comerciais. Em termos de propriedades mecânicas, os aços de baixa liga tratados termicamente são os que apresentam a melhor combinação de resistência e tenacidade. Eles têm as chamadas micro-adições de elementos de liga como o Nióbio (Nb), Titãnio (Ti) e/ou Vanádio (V), e associados com os tratamentos termo-mecânicos, têm sua microestrutura alterada, com grãos finos e uniformes.

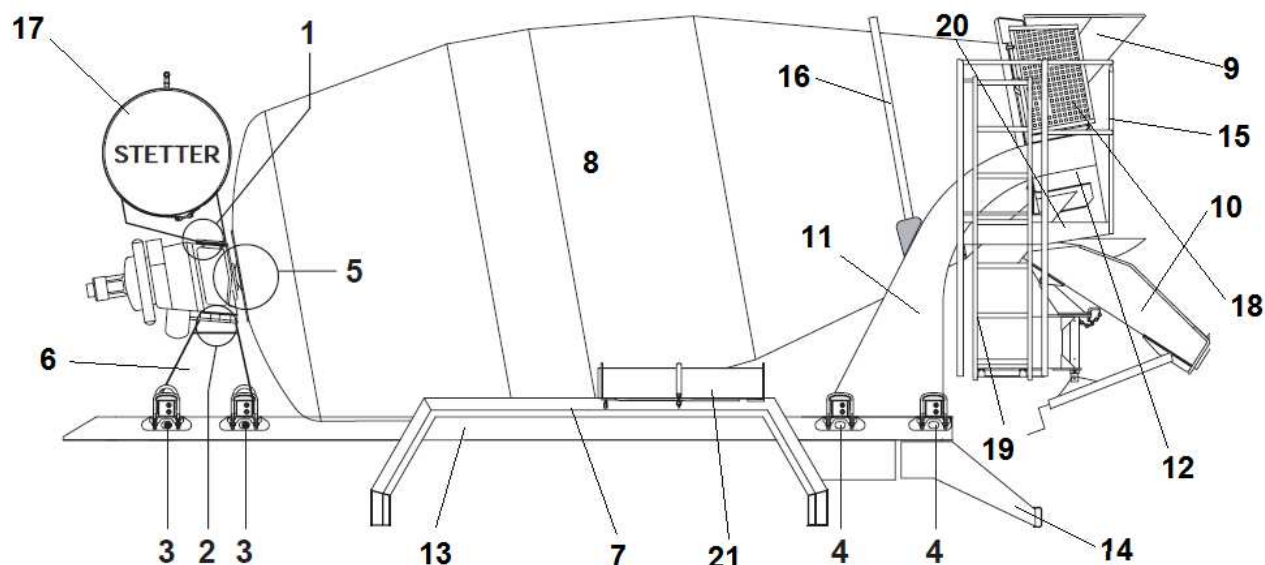
A composição química de um aço ARBL pode variar de um produto para outro. Um aço típico possui normalmente menos que 0,15% de Carbono, 1,65% de Manganês e níveis baixos (abaixo de 0,035%) de Fósforo, enxofre e outros elementos. O baixo carbono garante boa conformabilidade e soldabilidade.

1. Cavalete traseiro (mesa de fixação e apoio do balão);
2. Funil em “V”;
3. Sobrequadro (estrutura);
4. Para-choques;
5. Guarda-corpo;
6. Anel de rolagem;
7. Tanque de pressão de água;
8. Gradil de proteção do funil em “V”;
9. Escada de acesso;
10. Plataforma de trabalho;
11. Calha postiça (móvel).
12. Cavalete superior (suporte da caixa de pressão d’água);
13. Base do redutor;
14. Fixação do cavalete dianteiro;
15. Fixação do cavalete traseiro;
16. Flange do acoplamento do balão;
17. Cavalete base do redutor;
18. Para-lama;
19. Tambor de mistura (balão);
20. Funil de carga;
21. Bica de descarga giratória;

Figura 45. Detalhes estruturais da autobetoneiras SCHWING STETTER.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

c) Tambor de mistura (ou balão de betoneira).

É no interior do tambor de mistura (ou balão), ou mais comumente chamado balão, da autobetoneira que se processa a mistura do concreto, e por consequência, o maior desgaste e perecividade do material que o compõe.

Este balão é na verdade um cilindro, confeccionado em 3 (três) partes: tampo (ou tampa), costado (ou corpo) e pista de rolamento, partes estas chamadas de setores. Tanto o tampo, como o costado, são construídos em chapas de aço carbono estrutural, calandradas e soldadas em topo, formando anéis, quais chamamos de virolas.

Já os tampos são rebordeados[6] (geralmente em empresas especializadas em tal processo), e tratados termicamente para aliviar a tensão da forte conformação de rebordeamento.

---

6. Rebordeados: Material que sofreu conformação pelo processo de conformação mecânica de rebordeamento. O rebordeamento é um processo de conformação por laminação de repuxo, de rolos duplos, que visa conformar chapas planas em superfícies elípticas, calotas, para obtenção de tampos e fundos de vasos e reservatórios.

Na parte interna destes tampos, no interior do tambor de mistura (ou balão), há instalado uma placa circular (um disco), em aço carbono estrutural, a fim de proteger o tampo da ação violenta do processo de erosão, provocado pelo concreto. A pista de rolamento é construída em aço liga, geralmente ABNT SAE 1045, ou ainda ABNT SAE 4340, soldados (formando um anel). Este anel é tratado termicamente, para alivio de tensão, recalcado (conformado a frio, para fixação de formato e medidas), e usinado finalmente.

Os balões de 7 e 8 m³, os mais comumente utilizados pelas empresas concreteira, são constituídos de 5 (cinco) setores, sendo 4 (quatro) destes setores – costado e o demais – tampo. Sendo:

- Setor 1 – tampo (ou tampa);
- Setor 2 – virola cônica, alongada;
- Setor 3 – virola paralela (intermediária);
- Setor 4 – virola cônica, alongada;
- Setor 5 – virola cônica, curta.

Com o objetivo de ganho de carregamento e diminuição da angulação do balão, segundo a SCHWING STETTER (2009), o balão de suas aubetoneiras contém mais um setor, totalizando então 6 (seis) setores.

Na interface do setor 4 ao 5 dos balões dos mais conhecidos fabricantes (e entre o 5 e 6, no caso dos balões SCHWING STETTER), há instalado um anel de aço de alta liga, a pista de rolamento. Este anel suportará o giro do balão sobre um par (ou dupla de pares – quádruplo) de rolos de apoio, oferecendo todo o suporte de carga, auxiliando o redutor no ato de giro do balão.

Este balão (todos seus setores componentes) é geralmente fabricado em chapa de aço estrutural, idem ao material de construção do sobrequadro, do tipo ARBL (HSLA) – Alta resistência e baixa liga, conforme normas DIN 17100 - RR ST 52.3, ou ASTM A-572 – Gr 50, com espessura de 4,76 mm.

No geral, os balões têm grande capacidade volumétrica e consequente baixa taxa de enchimento, o que resulta um menor tempo de mistura e homogeneização. O ângulo de inclinação formado pela linha neutra do balão em relação ao plano do chassi, propositalmente, a fim de manter o material no interior e promover um baixo centro de gravidade, tem grande influência no processo de mistura e trabalhabilidade do concreto, e dependerá diretamente de alguns fatores:

1) Do trabalho com o concreto;

2) Disposição do acionamento;

3) Modelo de caminhão.

Este ângulo, em quase todos os desenhos, de vários fabricantes, gira em torno de 10 a 15°, e como resultante desta variação, obse rva-se que:

- **Um ângulo mais suave** – balão mais horizontal: o carregamento e descarregamento é mais fácil e mais rápido. As helicóides tendem a sofrer menos com ação do desgaste, resistindo mais tempo (maior vida útil residual), porém o costado, em função da carga estar concentrada na parte plane em totalidade, tendem resistir menos tempo (menor vida útil residual).
- **Um ângulo mais acentuado** – balão mais inclinado: o carregamento e o descarregamento são mais lentos, mais dificultosos. As helicóides tendem a sofrer com ação do desgaste, com severo desgaste na parte lateral e superior, baixa resistência no tempo (menor vida útil residual). Já o costado em função de ter sua carga mais concentrada nas helicóides, tende a resistir mais a ação do atrito, pois não tem sobre este uma concentração elevada de concreto, massa em atrito, com ação de força direta (maior vida útil residual).

No costado há ainda instalado 2 (duas) tampas para inspeção para verificação e limpeza profunda no interior do tambor de mistura (ou balão). Estas tampas estão dispostas geralmente no setor 2, na parte mediana (intermediária), e de maior volume de enchimento, e encontram-se montadas dispostas 180° uma da outra, isto é, distanciadas opostamente no eixo do balão.

d) Espiras helicoidais (ou helicóides, ou facas).

Partes integrantes do balão da betoneira, as espiras helicoidais (ou helicóides, ou facas) são as principais responsáveis pela ação de mistura do concreto. Valendo-se do princípio de transporte do “Parafuso de Arquimedes”, a ação de giro positivo, no sentido horário (com observação do eixo neutro, na parte traseira), promove-se a ação de mistura - o concreto segue no sentido negativo horizontal, por meio das espiras helicoidais, fazendo que o concreto siga do cume (borda) ao fundo do balão (tampo). Na reversão, com a ação de giro negativa, no sentido anti-horário (com observação do eixo neutro, na parte traseira), promove-se a ação de descarregamento e limpeza do balão - o concreto segue no sentido positivo horizontal, por meio das espiras helicoidais, fazendo que o concreto siga do fundo do balão ao cume (borda).

Estas espirais (ou helicóides), medindo de 300 a 400 mm de altura, são soldadas perpendicularmente na parede interna do costado, e em formato duplo, uma espiral contraria a outra. O material destas helicóides é o mesmo material do costado do balão, e do sobrequadro, em chapa de aço estrutural ARBL (HSLA) - Alta resistência e baixa liga, aço estrutural patinável, laminado a quente (DIN 17100 - RR ST 52.3, ou ASTM A-572 – Gr 50), com espessura de 4,76 mm.

Nestas helicóides, na parte superior, ainda tem soldado vergalhões de aço carbono de baixo teor de carbono, geralmente um aço conforme norma ASTM A-36, de modo a servir de base de desgaste proposital, pelo movimento de atrito do concreto sobre a passagem por cima da espiral, prolongando-se assim a vida útil da helicoide. Este vergalhão pode ser de aplicado na lateral, como um uma barra de aço de secção retangular, ou na parte superior (topo), como uma barra redonda. Ao se desgastar este reforço, novo reforço poderá ser soldado do lado oposto da extremidade da helicóide, sem a necessidade de remoção do anterior. Na prática, evidencia-se a troca de 2 (dois) conjuntos de reforços para cada substituição do conjunto de helicóide completo.

Figura 46. Detalhes de um tambor misturador (balão) de uma betoneira HTM LIEBHERR.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

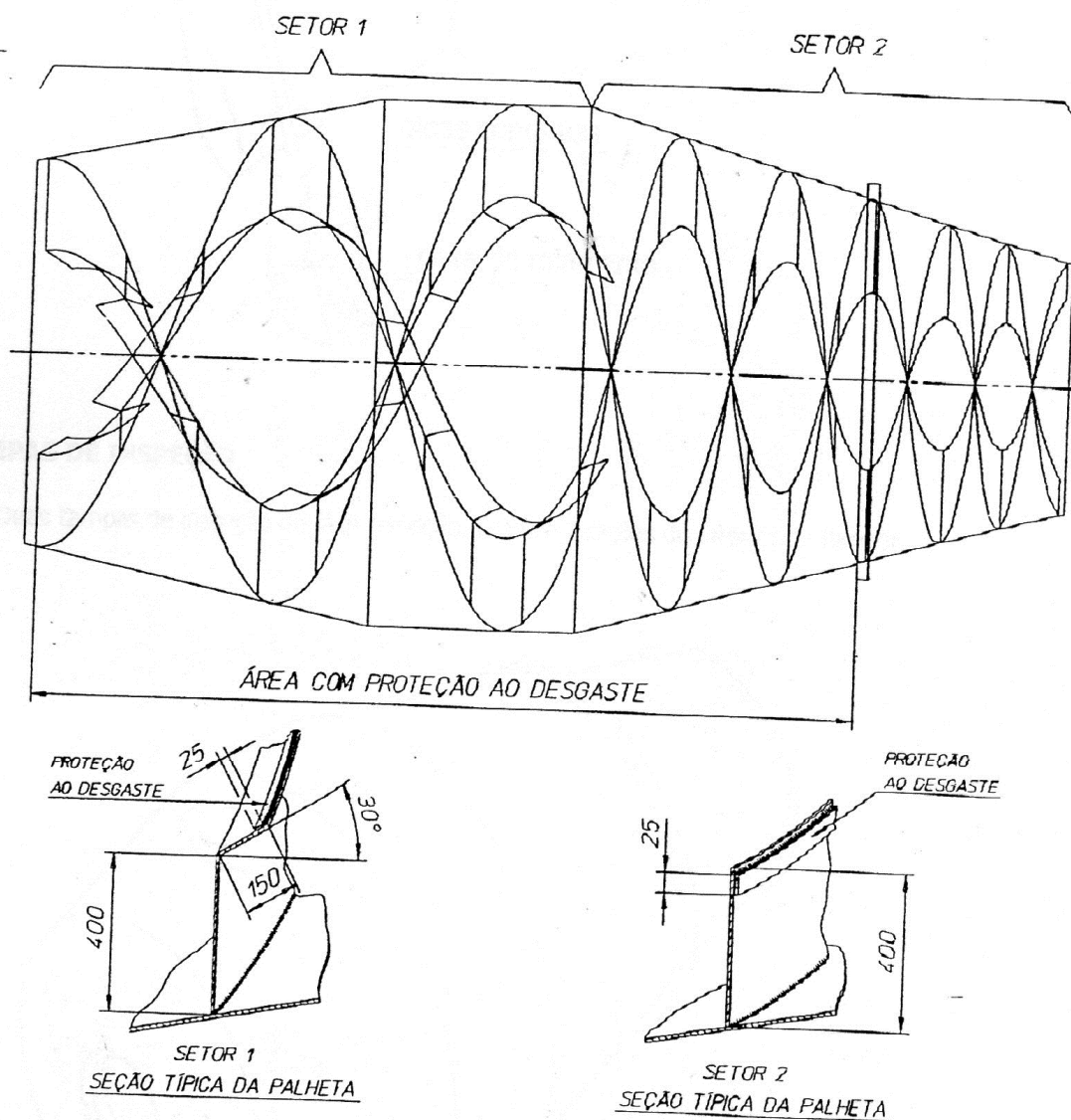



Figura 47. Desenvolvimento das espiras helicoidais (helicóides) ao longo de um tambor misturador (balão) de uma betoneira HTM LIEBHERR.

Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

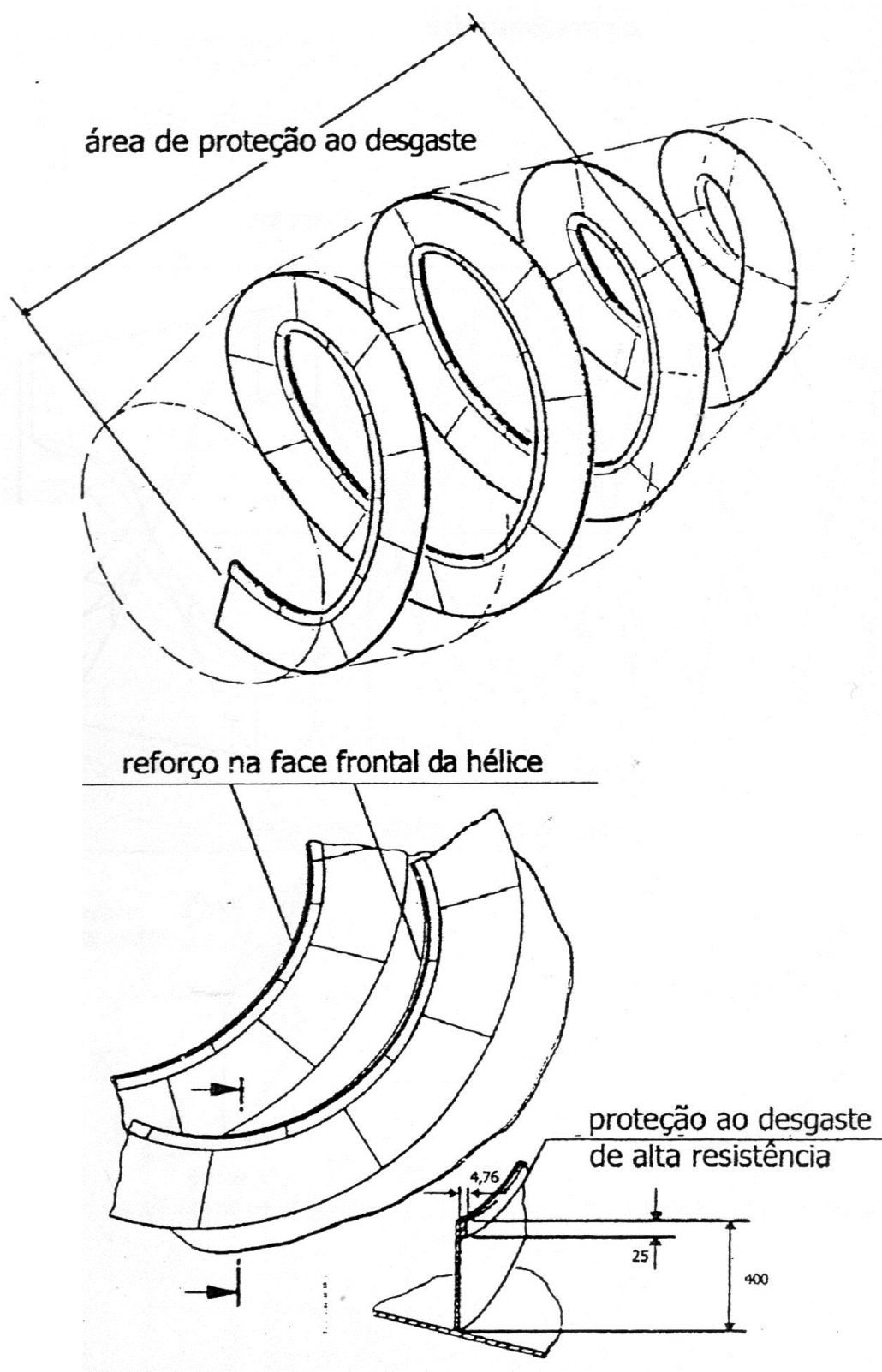



Figura 48. Detalhe do zoneamento de proteção extra anti-desgaste das espiras helicoidais (helicóides) ao longo de um tambor misturador (balão) de uma betoneira HTM LIEBHERR.

Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

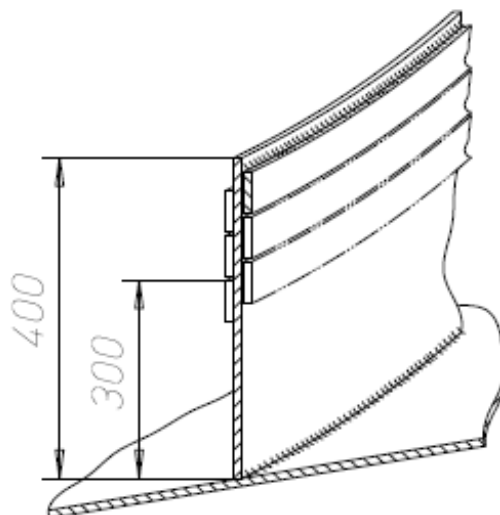



Figura 49. Detalhamento do reforço contra desgaste das espirais helicoidais (helicóides).
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

e) Cavaletes de apoio.

O cavalete dianteiro e traseiro são os principais pontos de sustentação do balão, e de seus acessórios (sistema de dosagem, sistema de carga e descarga e trem de força).

A parte superior, o cavalete dianteiro, serve como base de apoio do redutor e do motor hidráulico, e do reservatório de água, numa mesa plana, extra-reforçada, constituída de aço estrutural, com 25 mm de espessura.

O cavalete traseiro sustenta o conjunto de rolos de apoio quais sustentarão o balão, sob o rolamento de sua pista (podendo ser quádruplos, nos modelos de autobetoneiras SITI e CIBI; e ou em par simples, nos modelos de autobetoneiras LIEBHERR, SCHWING STTETER, CONVICTA, INDUMIX, RIGONI e FORMAGGIONI). Estes rolos de apoio são montados sobre uma mesa plana, construída em aço estrutural, em espessuras de 9,5 mm. No cavalete traseiro ainda se encontra montado todo o grupo de carga e descarga, por meio de elevações em aço dobrado, que avançam em ângulo para a parte mais afastada, denominadas de asas.

Ambos os cavaletes são fabricados geralmente em aço estrutural, do tipo ARBL (HSLA ou BLAR) - Alta resistência e baixa liga, conforme normas DIN 17100 - RR ST 52.3, ou ASTM A-572 – Gr 50.

A fixação dos cavaletes de apoio ao sobrequadro da betoneira conta com um resistente sistema de grampos que, além de garantir uma montagem segura e

resistente, admite flexibilidade suficiente para evitar trincas no sobrequadro, devido às torções do veículo durante o trafego ou operação, e as ações de carga e descarga, com esforços longitudinais (forças axiais) a linha do centro do balão.

f) Pista de rolamento.

A pista de apoio do balão é construída em peça única de aço alta liga - ABNT SAE 4140 ou 4340, forjado, sem emendas, e conta com altura de perfil suficiente para proporcionar grande momento de inércia ao rolamento (resistência). Alguns modelos de pistas de balões podem admitir usinagem superficial, de modo a corrigir imperfeições, incrustações ou trincas por encruamento.

g) Rolos de apoio.

Os rolos de apoio (ou roletes de apoio) podem ser fabricados de varias formas (processos), e sob especificações de materiais diferentes. Em relação aos maiores fabricantes de autobetoneiras, temos uma grande diversidade de processos, com defesa de cada particularidade, sendo, porém, mais comuns 3 (três) tipos de processos e materiais:

1) Roletes originados da usinagem de um forjado em aço carbono, conforme ABNT SAE 1045, tratado termicamente (temperado e revenido);

2) Roletes originados da usinagem de um tarugo de aço liga, laminado, conforme ABNT 4340 (ou 4140), beneficiado;

3) Roletes originados da usinagem de um “FUCO” austemperado (tarugo de ferro fundido nodular, de processo de fundição contínua), de ferro fundido nodular, conforme ASTM A-897, classe 4.

Outro item de grande importância é o eixo (pino) de fixação e sustentação desse rolete de apoio, além de servir de duto de lubrificação ao par de rolamentos autocompensadores de rolos cônicos. Geralmente fabricados em aço liga, laminado, conforme ABNT 8640, cementados, temperados e revenidos (superficialmente). A grande importância na fabricação destes eixos é a correta usinagem (inexistência de cantos vivos e arestas, com de concentração de tensão) e no tratamento térmico (pontos de dureza não uniforme, podendo gerar fraturas cisalhantes), evitando assim ocorrência de grandes acidentes.

Os rolos de apoio tem como elementos de apoio e rotação, um par de rolamentos autocompensadores de rolos cônicos, montados na configuração de carga em “O”, e para suas proteções há um par de retentores, quais efetuam a vedação destes e do pino.

Estes pinos contêm canais, que permitem que a graxa adentre e caminhe até o par de rolamentos, promovendo a lubrificação do mesmo.

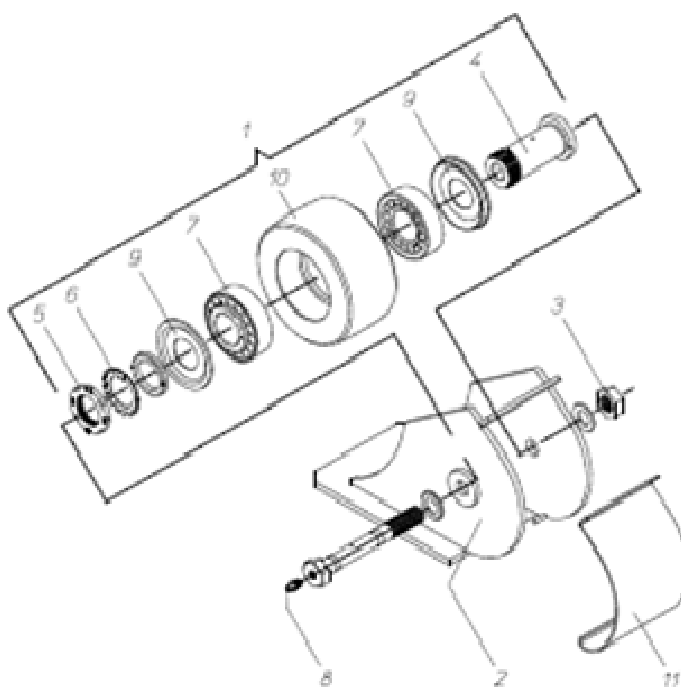



Figura 50. Detalhes de um conjunto de rolete de apoio.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

2.7.5. Sistema de carga e descarga do concreto, e acessórios de segurança da operação.

O sistema de carga e descarga do concreto é o conjunto de itens responsáveis pelo direcionamento dos materiais, para dentro do balão da betoneira, assim como dos materiais constituintes (MCCs) para o interior do balão. Este sistema é constituído basicamente dos seguintes itens:

- Funil de carga (ou funil de enchimento);
- Tremonha de descarga;
- Calha de descarga giratória;
- Calha de descarga sobressalente;
- Sistema de elevação e sustentação da calha giratória.

Os acessórios de segurança são componentes diversos que visam garantir a segurança do operador na operação do equipamento, ou para atender quesitos que

visam à adequação e atendimento às legislações de trânsito. Estes itens são divididos em:

- “Salva-dedos” da calha de descarga giratória;
- Grade de proteção da tremonha de carga;
- Escadas e plataformas de acesso;
- Para-lamas dos eixos traseiros;
- Proteção do cardan da tomada de força (PTO);
- Porta calços de travamento;
- Sistema de travamento mecânico do balão;
- Para-choque estendido, do chassi do caminhão;
- Proteção lateral, contra atropelamento (“Mata-cachorro”).

a) Sistema de carga e descarga do concreto

Segundo informa a LIEBHERR (2007), em seu MANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE BETONEIRAS, o funil de enchimento tem a função de captar e direcionar os agregados para o interior do tambor de mistura (ou balão), para que este processe a mistura e homogeneização. No ato de descarga do concreto, após ser acionado a reversão do sentido de giro do balão, o concreto é vertido diretamente na calha de descarga, em formato “V”. Esta por sua vez, direciona o concreto até a bica de descarga giratória, de acordo com a altura e local para receber o concreto. Na necessidade de uma distância maior no ato de vertimento do concreto, pode-se utilizar uma extensão, chamada de calha de descarga sobressalente, montada na ponta da calha de descarga giratória.

Ambos acessórios do sistema de carga e descarga do concreto são construídos em aço carbono, conforme ASTM A-36, e as espessuras adotadas na fabricação destes é geralmente de 3,75 mm. No caso da calha sobressalente, a espessura desta é de 3,0 mm, em função da necessidade de baixo peso, para a movimentação desta (ato de montagem e desmontagem).

Afirma a SCHWING STETTER (2009) que tem inovado na fabricação do sistema de carga e descarga do concreto, mais especificamente na calha de descarga sobressalente, utilizando uma estrutura de aço tubular em aço ASTM A-36, com forração de uma folha de PEAD - Polietileno de alta densidade. Isto faz com que o peso estrutural desta peça seja diminuído ao máximo, garantindo uma operação segura, e ergonomicamente viável.

Para a ação de elevação e sustentação, utiliza-se um sistema de elevação, também chamado de “macaquinho de elevação”, qual contem um fuso quadrado e uma porca. Esta porca, juntamente com o mancal de apoio, ao ser acionado por meio do giro de uma alavanca, transforma o movimento rotativo em linear, qual é utilizada na movimentação da bica giratória.

A lubrificação é efetuada através da aplicação de graxa neste mancal e na porca, expulsando a graxa antiga, contaminada.

b) Escada e plataforma de trabalho.

A plataforma de trabalho (de dosagem e inspeção) e sua escada de acesso têm a função básica de permitir o acesso seguro do operador a área de carga e descarga do concreto. Esta plataforma é também de vital importância na inspeção de trabalho de mistura, para verificação: homogeneidade da mistura, da possibilidade de corpos adentrados no interior do balão, áreas com concreto seco (entre facas e no fundo do balão), correta ação de mistura das espiras helicoidais (ou helicóides, ou facas) entre outras.

No Brasil as escadas de acesso de equipamentos móveis, de médio e grande porte, assim como os guarda-corpos e parapeitos, são regidas pela norma regulamentadora NR 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) (2012), onde estabelece que:

- **Escadas do tipo marinheiro** (segundo estabelece os itens 12.68 e 12.76 da NR-12) – construídas em tubos pesados (espessuras acima de 0,8 mm); sem proteção (altura máxima inferior a 3500 mm); degraus com largura de 400 mm; entre degraus de 250 mm (mínimo) e 300 (máximo); instalação de meio antiderrapante, barras de 25,4 mm de diâmetro;
- **Guarda-corpos** (segundo estabelece os itens 12.70, 12.72 e 12.73 da NR-12) – construídas em tubos rígidos pesados (espessuras acima de 0,80 mm), possuem travessão superior de 1100 mm, e travessão de 1200 mm de altura em relação ao piso da plataforma, ao longo de toda a extensão. O travessão superior não possui superfície plana, instalado rodapés 200 mm de altura, e entre travessas de 500 mm, barras de 25,4 mm de diâmetro;
- **Assoalhos de plataformas** (segundo estabelece os itens 12.67 e 12.68 da NR-12) – construídas em estrutura de tubos rígidos pesados

(espessuras acima de 0,80 mm), com instalação de chapa expandida (gradil) reforçada.

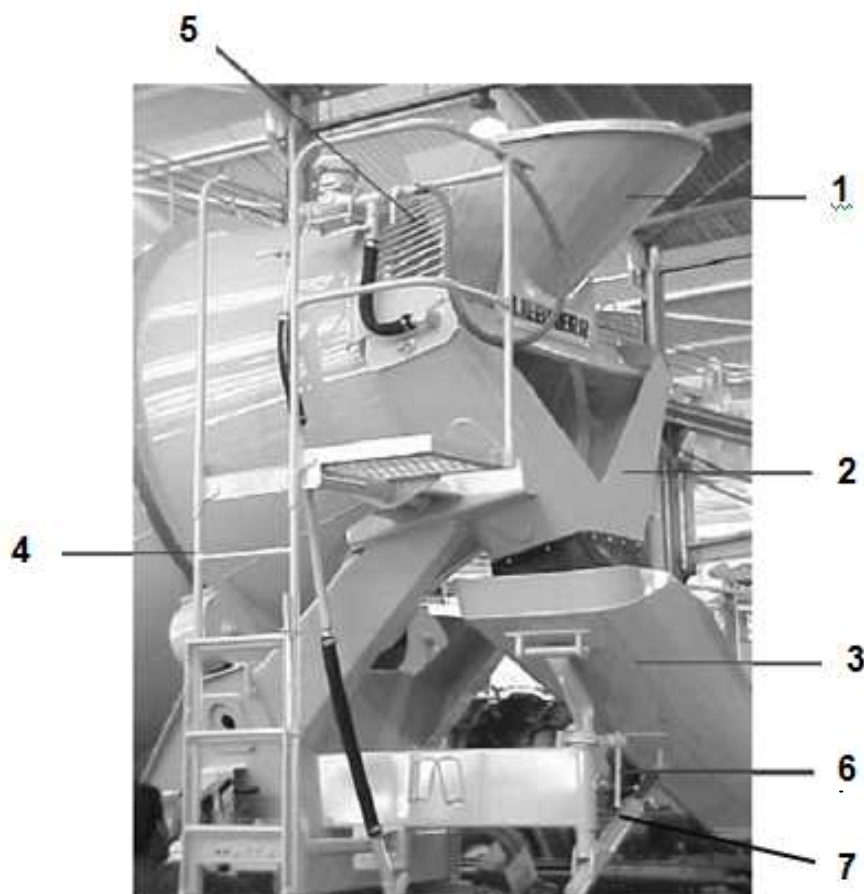
Estes componentes e demais acessórios são construídos em aço carbono estrutural, conforme ASTM A-36 – GR 30.

1. Funil de carga (ou funil de enchimento);
2. Tremonha de descarga;
3. Calha de descarga giratória;
4. Escada de acesso à plataforma de dosagem/inspeção;
5. Grade de proteção;
6. Calha sobressalente;
7. Sistema de elevação e sustentação da calha giratória.

Figura 51. Detalhes do sistema de carga e descarga do concreto de uma betoneira HTM LIEBHERR.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

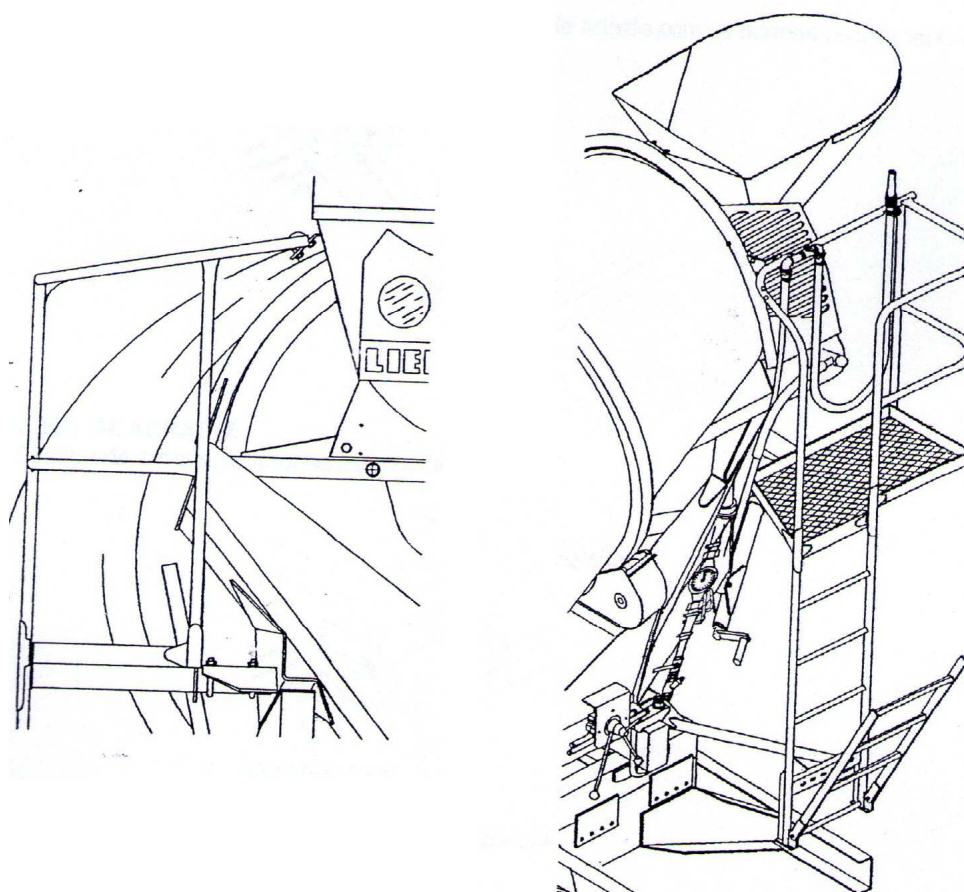



Figura 52. Detalhes da estrutura do guarda corpo e da escada de acesso, de uma betoneira HTM.

Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

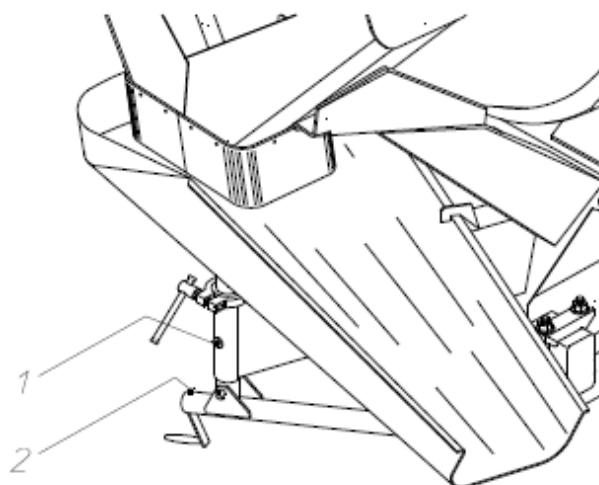



Figura 53. Detalhes do sistema de descarga do concreto de uma betoneira HTM.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

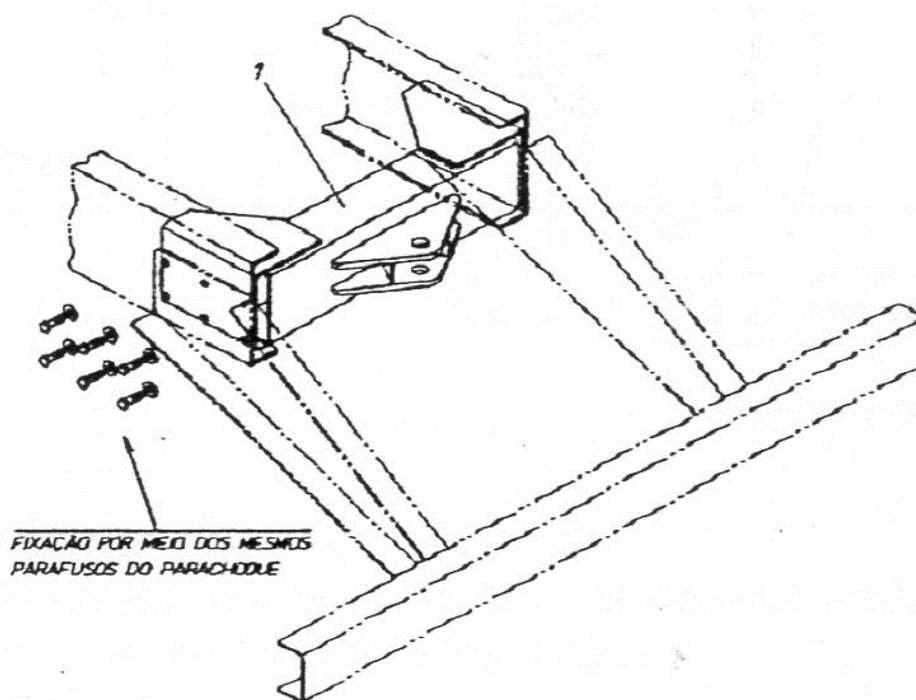



Figura 54. Detalhes da instalação do para-choque traseiro e gancho de arraste.
Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

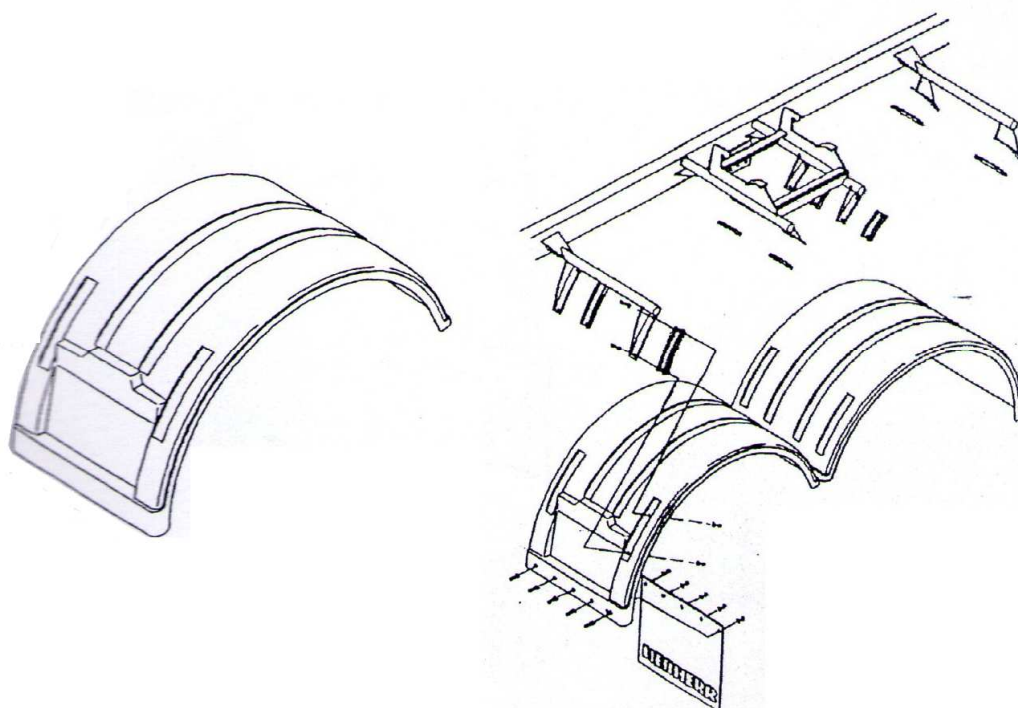



Figura 55. Detalhes da instalação dos para-lamas traseiros, no chassi da betoneira.
Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

Muitas empresas consumidoras de autobetoneiras como concreteiras e construtoras, têm auxiliado de forma expressiva os fabricantes. É da operação, com

toda sua diversidade e suas dificuldades, que trazem a tona os reais problemas decorrentes a ergonomia e acidentes com partes móveis. A HOLCIM (Brasil) S.A., uma das maiores empresas fabricantes de cimentos, concretos e agregados, vem auxiliando na melhoria dos projetos de autobetoneiras, já que sua política de gestão de saúde e segurança do trabalho atua com os mais criteriosos padrões de seguridade. Das inúmeras exigências com base em seus padrões, alguns itens foram adicionados internamente, com extensão aos fabricantes, pela livre adoção, como: sistema de “salva-dedos” nas calhas de descarga (giratória e sobressalente), proteção de esguicho de dosagem e lavagem, reforço e melhoria das proteções de cardans, regularização das plataformas de trabalho, enclausuramento total da tremonha de carga em “V”, entre outras medidas.

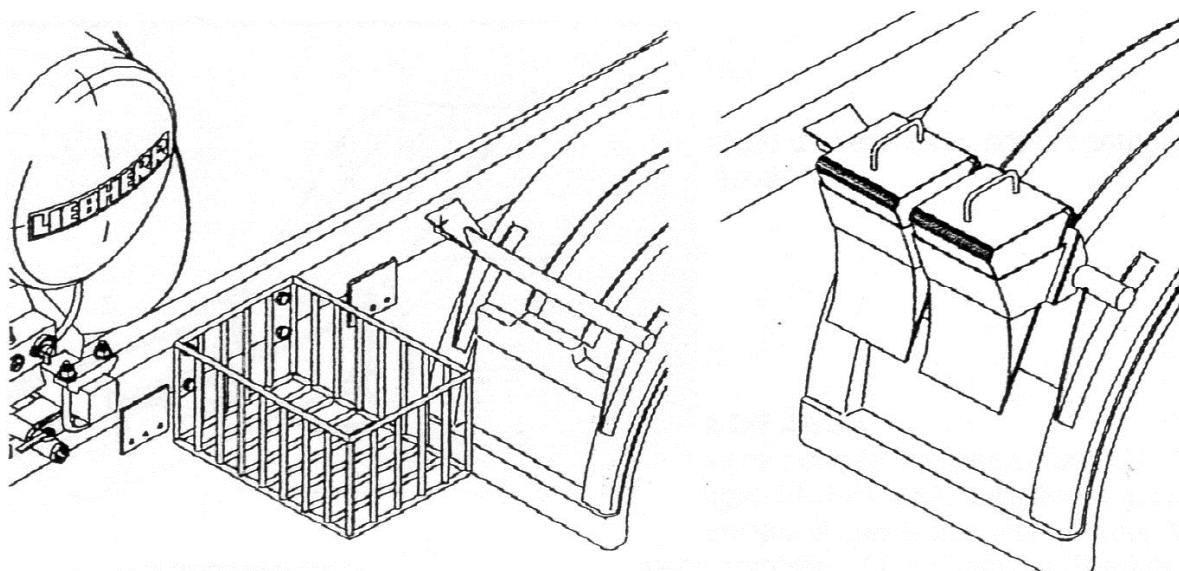



Figura 56. Detalhes da instalação de acessórios na betoneira (cesto de ferramentas e porta-calços).
Fonte: *Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR (2002).*

2.7.6. Processo de soldagem dos conjuntos, superestrutura e balão.

Na fabricação e montagem de autobetoneiras, em totalidade, são utilizados os adotados processos de soldagem a arco elétrico. Os tipos de processos de soldagem a arco elétrico mais utilizado são:

1. **Soldagem a eletrodos revestidos (SMAW – Shielded Metal Arc Weld).**

Segundo a ESAB (2012), A soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW), também conhecido como processo de soldagem manual a arco elétrico, é o mais largamente empregado dos vários processos de soldagem.

A soldagem é realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho. O calor produzido pelo arco funde simultaneamente o metal de base, a alma do eletrodo e o revestimento.

Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases (O_2 e N_2) produzidos durante a decomposição do revestimento. A escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação. Outras funções do revestimento são: proporcionar estabilidade ao arco, proteger o cordão contra ação da temperatura (choque térmico) e controlar a forma do cordão de solda.

O revestimento dos eletrodos podem ainda conter elementos químicos que são incorporados à solda, influenciando sua composição química e características metalúrgicas da junta.

Trata-se de um processo manual, utilizando fontes de energia CC ou CA, podendo ser fixas ou portáteis. No caso de fontes CC, mais utilizadas, podemos utilizar 2 (dois) tipos de polaridades: **Polaridade inversa** – eletrodo positivo, peça negativa; **Polaridade direta** – eletrodo negativo, peça positiva.

As variáveis de processo mais importantes, que afetam a penetração, o desempenho e a qualidade final do cordão são:

- Tipo do eletrodo (diâmetro, composição e espessura do revestimento);
- Tipo de polaridade;
- Corrente de soldagem,
- Tensão de arco;
- Comprimento do arco;
- Velocidade de soldagem;

Figura 57. Ilustração de um processo de soldagem por eletrodos revestidos – SMAW.
Fonte: *Apostila do Cursos de Inspetor de Soldagem N1 - CETRE (2003).*

2. Soldagem MIG/MAG (GMAW – Gas Metal Arc Welding).

Ainda segundo a ESAB (2012), na soldagem ao arco elétrico com gás de proteção (GMAW – Gas Metal Arc Welding), também conhecida como soldagem MIG/MAG (MIG – Metal Inert Gas/MAG – Metal Active Gas), um arco elétrico é estabelecido entre a peça e um consumível na forma de arame. O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado à poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de um gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo. A correta designação do processo é dada em função do tipo de gás empregado – quando adotado gás ativo (oxidante ou reativo), o processo é denominado MAG; quando adotado um gás inerte, o processo é denominado MIG.

- O **processo MAG** é mais utilizado na soldagem de materiais como: aços carbonos comuns e de baixa liga, cobre e suas ligas, etc.
- O **processo MIG** é mais utilizado em materiais como: alumínio, aços inoxidáveis, alguns aços de alta liga, etc.

O processo de soldagem por MIG/MAG funciona com corrente contínua (CC) essencialmente, normalmente com o arame no pólo positivo, sendo esta configuração conhecida como **polaridade reversa**. A **polaridade direta** é

raramente utilizada por causa da transferência deficiente do metal fundido do arame de solda para a peça. São comumente empregadas correntes de soldagem de 50 A até mais que 600 A e tensões de soldagem de 15 V até 32 V. Um arco elétrico autocorrigido e estável é obtido com o uso de uma fonte de tensão constante e com um alimentador de arame de velocidade constante.

As variáveis de processo mais importantes, que afetam a penetração, o desempenho e a qualidade final do cordão são:

- Corrente de soldagem;
- Tensão de soldagem;
- Velocidade de soldagem;
- Extensão livre do arame-eletrodo (Stick-out).

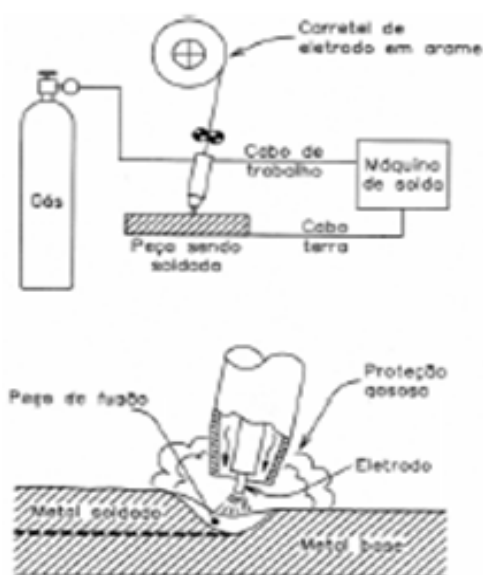



Figura 58. Ilustração de um processo de soldagem por MIG/MAG – GMAW**.**

Fonte: *Apostila do Cursos de Inspetor de Soldagem N1 - CETRE (2003).*

A seleção do processo de soldagem mais adequado dependerá diretamente de alguns fatores, tais como:

1. Espessura do metal base do componente a ser soldado;
2. Posição da junta soldada;
3. Posição (local) do componente a soldar;
4. Habilidade de soldador;
5. Produtividade desejada.

A resistência mecânica dos aços ARBL (HSLA ou BLAR), utilizados na construção de autobetoneiras de concreto, é o fator mais importante para as aplicações a que se destina. Como consequência o material de enchimento é selecionado a partir de valores mínimos de tensão de escoamento e tensão limite de resistência, iguais ou superiores àqueles do metal de base.

Além da questão resistência, alguns aços ARBL (HSLA ou BLAR) são usados por sua característica de resistência à corrosão atmosférica. Sob este aspecto, o material de enchimento deverá ter um comportamento compatível.

São os mais indicados consumíveis:

- **Processos Eletrodos Revestidos (SMAW)**.

  Nos processos de soldagem por eletrodos revestidos, SMAW, recomenda-se a utilização de eletrodos conforme AWS E 7018, sufixo G;

- **Processos MIG/MAG (GMAW).**

  Nos processos de soldagem por MIG/MAG, GMAW, recomenda-se a utilização da combinação: Arame/Eletrodo – AWS ER 70S-7; gás – mistura (Ar + 1 a 2% O_2) ou CO_2 puro.

2.7.7. Processo de pintura dos conjuntos, superestrutura e balão.

O processo de pintura geralmente empregado nas autobetoneiras é do tipo liquido à aspersão.

Este processo se utiliza do auxílio de equipamentos especiais, e ar comprimido, para forçar a tinta a passar por bico calibrado, onde se encontram um forte jato de ar. O ar, chocando-se com o filete de tinta, atomiza as partículas que são então lançadas sobre a superfície que se deseja revestir. Neste processo obtêm-se películas com ótimo aspecto estético, exigindo, porém aplicadores treinados. A aplicação por aspersão é particularmente recomendada para locais onde não haja ventos, pois isto acarreta grandes perdas de material. É também recomendada para grandes superfícies planas. A viscosidade da tinta, medida em Copo Ford n°4, a 25℃, deve estar situada na faixa 20-30 segundos (20-30" – FC4).

A aspersão de tinta pode ser feita por 4 (quatro) processos principais:

a) Aspersão Simples;

b) Aspersão A quente;

c) Aspersão Mecânica ou Sem ar;

d) Aspersão Eletrostática.

Nas autobetoneiras, em todas as suas partes estruturais, a superfície é fosfatizada[7] a quente e recebe 2 (duas) demãos de *primer* à base de epóxi, com espessura média de 40 µm.

Pintura de acabamento em duas demãos à base de poliuretano de primeira linha, com espessura de 40 µm.

2.7.8. Sistema de dosagem de água e manutenção do *Slump.*

Trata-se de um sistema de grandíssima importância, pois tem a incumbência de atuar na correção e manutenção da qualidade do concreto, tanto no ato de carregamento e mistura, assim como no translado, de transporte da carga a obra.

O mesmo ainda tem uma função menos critica, porém não menos necessária e importante, que é a limpeza do equipamento (das partes que tiveram contato direto com o concreto) na obra, após o ato de descarga.

No ato de carregamento do concreto, este sistema entra em funcionamento para garantir o ajuste mínimo do *Slump* do concreto. A central de concreto (misturadora ou dosadora) adiciona os materiais no interior do balão (ou o concreto pronto) com uma quantidade mínima de água, quantidade esta apenas para efetivação da mistura inicial, e promover a entrada dos materiais no interior do balão com facilidade. O operador, mediante a leitura do medidor de *Slump,* e de uma tabela especifica (tabela de correção de *Slump*), se vê obrigado a adicionar uma quantidade de água complementar, para manter o concreto no *Slump* correto, até a chegada a obra (entrará ainda em ação o desconto com base na temperatura ambiente).

O sistema entrará em funcionamento novamente após o descarregamento na obra, para a lavagem dos itens do sistema de carga e descarga do concreto, assim como seu ferramental.

---

7. Fosfatização: é um processo de proteção de metais, que consiste em recobrir as peças metálicas com fosfatos neutros (PO_4^{-3}) e monoácidos [$H(PO_4)_2^{=}$], de zinco, ferro e manganês. Como os fosfatos desses elementos são pouco solúveis em água, depositam-se sobre a superfície metálica em contato com soluções e fosfatos, quando forem atingidas por determinadas condições, sob a forma de fina camada de cristais. A velocidade de deposição, o retículo e a forma do revestimento dependem da germinação e crescimento dos cristais. As principais propriedades da película de fosfato são: baixa porosidade; alto poder isolante, o qual impede a propagação de correntes galvânicas; grande aderência à superfície metálica; boa afinidade pelos óleos e vernizes; baixo custo de aplicação entre outros. A deposição de cristais de fosfato exige que as peças estejam perfeitamente limpas, isentas de óleos ou de óxidos.

O sistema de dosagem de água e manutenção do Slump é composto basicamente pelos seguintes equipamentos e instrumentos:

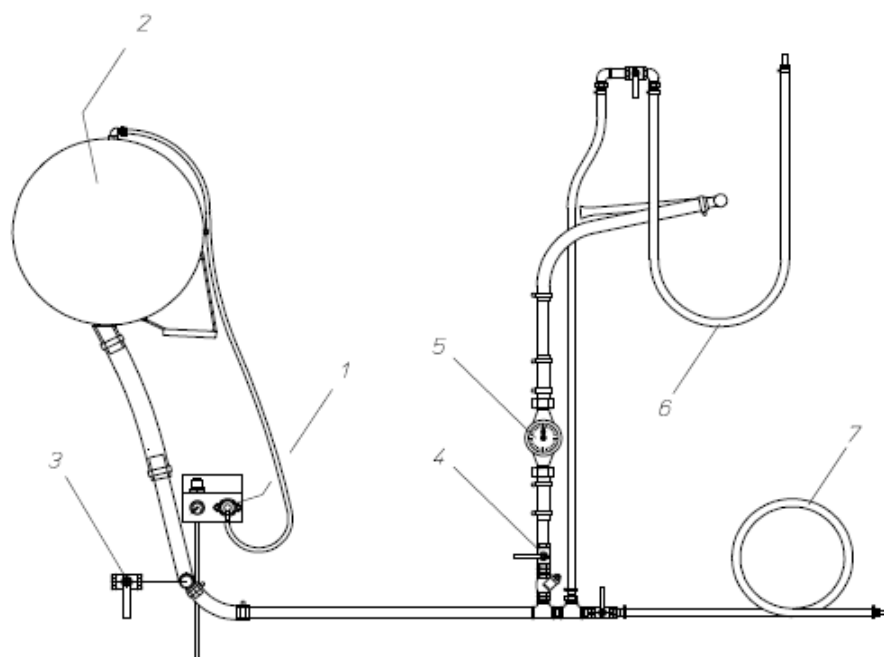
- Válvula direcional, pneumática, de 3/2 vias, acionamento manual;
- Regulador de pressão de ar comprimido, com dreno e manômetro;
- Reservatório de pressão, de água, com capacidade média de 550 a 750 L (variando de acordo com modelo e fabricante);
- Válvula de bloqueio, de esfera, 2 ½ ” (alimentação de água);
- Válvula de bloqueio, de esfera, 1” (bloqueio ramo superior);
- Válvula de bloqueio, de esfera, 1” (bloqueio ramo superior);
- Hidrômetro inferior;
- Hidrômetro superior (opcional);
- Mangueira de dosagem, superior;
- Mangueira de dosagem, inferior.

1. Válvula de dosagem, de três vias;
2. Tanque de pressão de água;
3. Válvula de bloqueio, de esfera (alimentação de água);
4. Válvula de bloqueio, de esfera (bloqueio ramo superior);
5. Hidrômetro;
6. Mangueira de dosagem, superior;
7. Mangueira de dosagem, inferior.

Figura 59. Detalhes do sistema de dosagem de água e manutenção do *Slump* do concreto.

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras HTM LIEBHERR (2007).*

2.8. Lubrificação e manutenção preventiva de autobetoneiras.

2.8.1. Lubrificação.

A lubrificação é sem dúvida nenhuma, uma das fases do processo de manutenção mais importantes, sobretudo na área de construção civil. Muitos autores dão a ela uma importância tão grande a este tema, que a distanciam do processo de manutenção clássico, tratando-a como um universo em paralelo e único.

Segundo define TELECURSO 2000 (1997), a lubrificação:

> [...] “é uma operação que consiste em introduzir uma substância apropriada entre superfícies sólidas que estejam em contato entre si e que executam movimentos relativos”. Essa substância apropriada normalmente é um óleo ou uma graxa que impede o contato direto entre as superfícies sólidas.
> Quando recobertos por um lubrificante, os pontos de atrito das superfícies sólidas fazem com que o atrito sólido seja substituído pelo atrito fluído, ou seja, em atrito entre uma superfície sólida e um fluído. Nessas condições, o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido”.

Já segundo DUARTE (2005), numa visão mais técnica e direta, lubrificação é o processo ou técnica utilizada na aplicação de uma camada chamada lubrificante com a finalidade de reduzir o atrito e o desgaste entre duas superfícies sólidas em movimento relativo, separando-as parcialmente ou completamente. Além de separar as superfícies, a camada também tem a função de retirar do sistema o calor e detritos gerados na interação das superfícies. Esta camada lubrificante pode ser constituída por uma variedade de líquidos, sólidos ou gases, puros ou em misturas.

Muitos são os fatores que leva-nos a adotar a lubrificação como meio mais básicos de manutenção e conservação de um item ou um conjunto, sendo que com base no fator mais básico e primordial, já mencionado anteriormente – redução do atrito entre superfícies, outros inúmeros objetivos podem ser alcançados, sendo os fundamentais:

1. Proporciona menor dissipação de energia na forma de calor;
2. Reduz da temperatura, pois o lubrificante também refrigera a superfície;
3. Controla e reduz a corrosão e oxidação;
4. Reduz vibrações e ruídos;
5. Proporciona vedação entre partes móveis;
6. Limpeza de superfícies e remoção de contaminantes;
7. Reduz o desgaste, com base na eliminação do atrito.

2.8.2. Regimes de lubrificação.

Ainda segundo DUARTE (2005), quando existe um movimento relativo entre duas superfícies próximas entre si pode existir um atrito. O mecanismo deste atrito assume características distintas em função da rugosidade das superfícies e da

distância entre elas. Para definir o tipo de regime de lubrificação usa-se a razão entre a distância entre as superfícies de deslizamento e a rugosidade combinada das superfícies de deslizamento.

Os regismes de lubrificação são divididos em 3 (três), sendo: lubrificação hidrodinamica, lubrificação limitrofe e lubrificação mista.

a) Lubrificação hidrodinâmica.

A lubrificação hidrodinâmica é considerada uma das áreas mais importantes da tribologia. Este tipo de lubrificação ocorre quando duas superfícies em movimento relativo são separadas por uma película de um fluído lubrificante. O regime de lubrificação hidrodinâmica acontece quando a espessura do filme de fluído lubrificante entre as superfícies deslizantes é maior que 3 (três) vezes a rugosidade combinada das duas superfícies.

Em teoria não há danos superficiais, já que estas não se atritam em nenhum momento, exceto se o fluxo e pressão do lubrificante for interrompido, ou mesmo se o lubrificante perdeu sua viscosidade, afetando o filme lubrificante.

b) Lubrificação limitrofe (ou lubrificação marginal).

É a forma mais extrema de lubrificação. Isto acontece quando a espessura do filme de fluído lubrificante entre as superfícies deslizantes é menor que a rugosidade combinada das duas superfícies. Neste caso existe singelo contato metal/metal, e a força de sustentação da carga é suportada pelo contato entre as asperezas lubrificadas. Neste caso não existe pressão hidrodinâmica, mas sim pressão devido ao contato entre as asperezas das duas superfícies. Neste caso a equação de Reynolds não é válida e deve-se usar modelos matemáticos de mecânica do contato. Este tipo de regime de lubrificação acontece devido a dois motivos: Carga excessiva ou uma baixa velocidade relativa entre as superfícies. Geralmente causa danos às superfícies e falha prematura da peça em questão.

c) Lubrificação mista.

É comum classificar os modos de lubrificação como marginal ou hidrodinâmico. Porém, é sabido que uma considerável proporção de mancais pode trabalhar com uma mistura de ambos os mecanismos ao mesmo tempo. Um mancal hidrodinâmico pode ter algumas regiões de suas superfícies de deslizamento muito próximas, onde interações superficiais e lubrificação marginal contribuem para o atrito total do mancal e as características de desgaste das mesmas são superpostas às das regiões de lubrificação hidrodinâmica.

Este modo de lubrificação é encontrado em engrenagens, mancal de esferas (rolamento), retentores e até mesmo em mancais de deslizamento convencionais. Hoje é reconhecido que é difícil eliminar os efeitos da lubrificação hidrodinâmica em experimentos com lubrificação marginal e efeitos 'marginais' ocorrem em experimentos de lubrificação hidrodinâmica mais frequentemente do que é geralmente reconhecido. Isto indica a importância crescente do reconhecimento e estudo do regime de lubrificação mista. Este regime de lubrificação acontece quando a espessura do filme lubrificante é entre uma e três vezes maior que a rugosidade combinada das duas superfícies. Neste caso parte da peça (mancal) opera no regime hidrodinâmico e parte no regime marginal.

Outro termo usado com frequência na literatura é a "Lubrificação Elasto Hidrodinâmica" (ou EHL em inglês). Na realidade isto não é um regime de lubrificação e sim um modelamento matemático usado para representar o comportamento de uma peça (ou mancal) que leva em consideração a deformação do alojamento quando as pressões são excessivamente altas e/ou o alojamento da peça (mancal) muito flexível.

2.8.3. Características dos lubrificantes.

As principais características dos óleos lubrificantes são : viscosidade, índice de viscosidade (IV) e densidade.

a) Viscosidade

A viscosidade mede a dificuldade com que o óleo escorre (escoa); quanto mais viscoso for um lubrificante (mais grosso), mais difícil de escorrer, portanto será maior a sua capacidade de manter-se entre duas peças móveis fazendo a lubrificação das mesmas.

A viscosidade dos lubrificantes não é constante, ela varia com a temperatura. Quando esta aumenta a viscosidade diminui e o óleo escoa com mais facilidade.

b) Índice de viscosidade

O Índice de Viscosidade (IV) mede a variação da viscosidade com a temperatura. Quanto maior o IV, menor será a variação de viscosidade do óleo lubrificante, quando submetido a diferentes valores de temperatura.

c) Densidade

A densidade indica a massa de um certo volume de óleo a uma certa temperatura. Esta é importante para indicar se houve contaminação ou deterioração

de um lubrificante, com a indicação de uma outra substancia (agua, um solvente, etc).

2.8.4. Classificação dos lubrificantes.

Segundo a LUBRIN (s/d), em seu MANUAL DE LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL LUBRIN, o lubrificante é escolhido em função das características fornecidas pelo equipamento, com o conhecimento da composição dos óleos e das graxas, e observando-se as conclusões tiradas em serviços. Assim, óleos que operam sob altas temperaturas deverão possuir alto índice de viscosidade, e serem resistentes à oxidação, a fim de que a viscosidade se mantenha constante, e para evitar a formação de borras de oxidação.

Os lubrificantes podem ser: gasosos - como o ar; líquidos - como os óleos em geral; semissólidos – como as graxas e sólidos – como a grafita, o talco, a mica etc. Contudo, os lubrificantes mais práticos e de uso diário são os líquidos e os semissólidos, isto é, os óleos e as graxas.

2.8.4.1. Classificação dos óleos quanto à origem

Quanto à origem, os óleos podem ser classificados em quatro categorias: óleos minerais, óleos vegetais, óleos animais e óleos sintéticos.

1. **Óleos minerais** – São substâncias obtidas a partir do refino do petróleo e, de acordo com sua estrutura molecular, são classificadas em: óleos parafínicos, óleos aromáticos ou óleos naftênicos.
2. **Óleos vegetais** – São extraídos de sementes: soja, girassol, milho, algodão, arroz, mamona, oiticica, babaçu etc.
3. **Óleos animais** – São extraídos de animais como a baleia, o cachalote, o bacalhau, a capivara etc.
4. **Óleos sintéticos** – São produzidos em indústrias químicas que utilizam substâncias orgânicas e inorgânicas para fabricá-los. Estas substâncias podem ser silicones, ésteres, resinas, glicerinas etc.

2.8.4.2. Aplicações dos óleos

Os óleos animais e vegetais raramente são usados isoladamente como lubrificantes, por causa da sua baixa resistência à oxidação, quando comparados a outros tipos de lubrificantes. Em vista disso, eles geralmente são adicionados aos óleos minerais com a função de atuar como agentes de oleosidade. A mistura obtida apresenta características eficientes para lubrificação, especialmente em regiões de difícil lubrificação.

Os óleos sintéticos são de aplicação muito rara, em razão de seu elevado custo, e são utilizados nos casos em que outros tipos de substâncias não têm atuação eficiente.

Os óleos minerais são os mais utilizados nos mecanismos industriais, sendo obtidos em larga escala a partir do petróleo.

O óleo lubrificante pode ser formulado somente com óleos básicos (óleo mineral puro) ou agregados e aditivos. Inicialmente a lubrificação era feita com óleo mineral puro até a descoberta do aditivo.

Esta palavra às vezes é confundida pelo usuário. Quando se fala em aditivo o consumidor associa-o tão somente com os produtos comercializados em postos de serviço, e utilizados diretamente nos combustíveis (álcool, gasolina e diesel).

O aditivo que vamos citar aqui é utilizado na formulação do óleo lubrificante. O tratamento percentual recomendado pelos supridores de aditivos pode variar em média de 0,25 a 28% em volume. O óleo básico, por ser um dos principais componentes do lubrificante, apresenta elevado índice de influência na desempenho do mesmo.

2.8.4.3. Óleos hidráulicos.

O fluído hidráulico é o elemento vital de um sistema hidráulico industrial. Um fluído é definido como qualquer líquido ou gás, capaz de escoar. Entretanto o termo “fluído”, no uso geral em hidráulica, refere-se ao líquido utilizado como meio de transmitir energia e potência – veículo da oleodinâmica.

Este pode ser um óleo derivado do petróleo, um óleo composto sintético, ou um fluído especial à prova de fogo, essencialmente sintético. A seleção e o cuidado na escolha do fluído hidráulico terão um efeito importante no desempenho e na vida dos componentes hidráulicos de uma máquina.

Os fluídos hidráulicos têm 5 (cinco) funções primárias:

1. Transmitir energia;
2. Lubrificar peças internas que estão em movimento;
3. Transferir (dissipar) calor dos conjuntos;
4. Vedar folgas entre peças em movimento;
5. Limpar o sistema e as superfícies das peças.

2.8.4.4. Classificação dos óleos hidráulicos.

Os óleos base utilizados na produção de óleos hidráulicos, podem ser apresentados em 3 (três) tipos:

a) **Mineral** – óleo base proveniente do petróleo, formado por hidrocarbonetos pesados (moléculas de hidrogênio (H) + carbono (C)).

b) **Sintético** – óleo base proveniente de uma síntese polimérica, arranjada em laboratórios (ésteres, poliuréia, silicone, ésteres complexos, silicatos, silicones, aromáticos de alto peso molecular, polifenilas e éteres de fenila).

c) **Fluídos resistente ao fogo** – óleo base sintético, com compostos químicos, porém os comumente utilizados são: emulsões de óleo em água, soluções de glicol em água e fluídos não aquosos.

Os óleos hidráulicos têm ainda uma classificação específica quanto a viscosidade.

A classificação de viscosidade ISO (International Standards Organization – Organização Internacional para Padronizações) é referente aos óleos industriais, utilizados em sistemas hidráulicos oleodinâmicos. O sistema ISO não implica em avaliação de qualidade nem desempenho de produto, baseia-se somente na viscosidade dos produtos.

O sistema ISO estabelece uma série de 18 cSt - graus de viscosidade cinemática (Centistokes) a 40℃. Os números, que designam cada grau de viscosidade ISO, representam o ponto médio de uma faixa de viscosidade.

2.8.4.5. Aditivos e suas aplicações.

Aditivas são substâncias que entram na formulação de óleos e graxas para conferir-lhes certas propriedades. A presença de aditivos em lubrificantes tem os seguintes objetivos:

1. Melhorar as características de proteção contra o desgaste e de atuação em trabalhos sob condições de pressões severas;

2. Aumentar a resistência à oxidação e corrosão;

3. Aumentar a atividade dispersante e detergente dos lubrificantes;

4. Aumentar a adesividade;

5. Aumentar o índice de viscosidade.

Abaixo, segue a lista de alguns tipos de aditivos, mais utilizados na formulação de óleos lubrificantes e óleos hidráulicos:

- Agentes Anti-desgaste, ou EP (Extrema Pressão);
- Inibidores de oxidação;
- Inibidores de corrosão;

- Dispersantes;
- Detergentes;
- Emulsificantes;
- Sintéticos;
- Agentes de Oleosidade;
- Modificadores de atrito;
- Melhoradores de atrito;
- Melhoradores dos Índices de Viscosidade;
- Abaixadores do Ponto de Fluidez;
- Veículos de transporte;
- Controladores de odor;
- Repelentes de água;
- *Coupling Agents.*

2.8.4.6. Características e ensaios dos lubrificantes.

Conforme define IPIRANGA PETROLEO (s/d.), a qualidade de um produto é comprovada somente após a aplicação e avaliação do seu desempenho em serviço. Este desempenho está ligado à composição química do lubrificante, resultante do petróleo bruto, do refino, dos aditivos e do balanceamento da formulação. Esta combinação de fatores dá ao lubrificante certas características físicas e químicas que permitem um controle de uniformidade e nível de qualidade.

Chamamos de análise típica a um conjunto de valores que representa a média das medidas de cada característica. Consequentemente, a amostra de uma determinada fabricação, dificilmente apresenta resultados iguais aos da análise típica, entretanto situando-se dentro de uma faixa de tolerância aceitável. Ao conjunto de faixas de tolerância e limites de enquadramento de cada fabricação, dá-se o nome de especificação. Ainda segundo IPIRANGA PETROLEO (s/d.), convém mencionar que as especificações não são garantia de bom desempenho do lubrificante, pois somente a aplicação demonstra o desempenho.

Os ensaios de laboratório simulam condições da aplicação do lubrificante, sem, entretanto garantir um bom desempenho de serviço. São as seguintes as principais análises que definem características e especificações de óleos e graxas lubrificantes:

1. Viscosidade.

É a principal propriedade física de óleos lubrificantes. A viscosidade está relacionada com o atrito entre as moléculas do fluído, podendo ser definida como a resistência ao escoamento que os fluídos apresentam sob influência da gravidade (viscosidade cinemática). Viscosidade absoluta, ou viscosidade dinâmica, é o produto da viscosidade cinemática pela densidade.

2. Índice de viscosidade (IV).

É um número empírico que indica o grau de mudança da viscosidade de um óleo a uma dada temperatura, classificado em 3 (três) tipos: LVI, MVI e HVI. Um alto IV (HVI) significa que o óleo poderá sofrer pequenas mudanças na viscosidade com a temperatura, enquanto um baixo IV (LVI) reflete grande mudança com a temperatura.

3. Ponto de Fulgor.

Ponto de fulgor ou lampejo é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado, desprende os primeiros vapores que só inflamam momentaneamente (lampejo) ao contato de uma chama.

4. Ponto de fluidez

Ponto de fluidez é a menor temperatura, expressa em múltiplos de 3℃, na qual a amostra ainda flui, quando resfriada e observada sob condições determinadas.

5. Água por destilação.

Determina a porcentagem de água presente em uma atmosfera de óleo.

6. Água e sedimentos.

Por esse método, podemos determinar o teor de partículas insolúveis contidas numa amostra de óleo, somadas com a quantidade de água presente nesta mesma amostra.

7. Número de neutralização.

Este teste determina a quantidade e o caráter ácido ou básico dos produtos. As características ácidas ou básicas dependem da natureza do produto, do conteúdo de aditivos, do processo de refinação e da deterioração em serviço.

8. Demulsibilidade.

Demulsibilidade é a capacidade que possuem os óleos de se separarem da água.

9. Diluição.

Fornece a percentagem de combustível que se apresenta como contaminante numa amostra de óleo lubrificante.

10. Consistência.

Consistência de uma graxa é a resistência que esta opõe à deformação sob a aplicação de uma força.

11. Ponto de gota.

O ponto de gota de uma graxa é a temperatura em que se inicia a mudança de estado pastoso para o estado líquido (primeira gota).

12. Espectroscopia.

Trata-se de uma técnica amplamente utilizada na determinação qualitativa e quantitativa de metais em óleos lubrificantes. Os elementos metálicos podem ser provenientes da aditivação (melhoradores de desempenho) e/ou de desgaste EP – Extrema Pressão.

Atualmente há equipamentos que podem determinar a concentração em parte por milhão (ppm) de 20 elementos simultaneamente.

Os principais tipos de espectrômetros usados são: absorção atômica, espectrômetro de emissão atômica, plasma, raios X e fluorescência, todos apresentam vantagens e desvantagens na sua utilização, daí as empresas optarem por aquele que melhor atende as expectativas definidas no atendimento de seus clientes.

13. Infravermelho (Transformada de Fourier).

A espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier é uma técnica que está sendo aceita como um método rápido que permite quantificar: oxidação, nitratação, fuligem, sulfatação, água, diluição por combustível, contaminação por glicol e depleção de aditivos.

2.8.4.7. Características e classificação das graxas.

A graxa, conforme define a LUBRIN (s/d), é um lubrificante fluídico engrossado a uma consistência de gel, pela adição de vários agentes espessantes. A consistência semi-sólida é a característica básica, pois reduz a tendência do lubrificante a fluir ou vazar da área em que está sendo lubrificada.

A maioria das graxas é feita, atualmente, pelo espessamento de um óleo de básico mineral, proveniente do petróleo, com uma matriz de absorção, chamada de sabão metálico. Poderá ainda ter a adição, para algumas aplicações, componentes melhoradores de algumas propriedades especificas, quais chamamos de aditivos.

Segundo a SIL-LUBRIFICAÇÂO (2012), a consistência da graxa é o que é a viscosidade para os óleos lubrificantes. Ao contrário dos óleos, graxas são tixotrópicas, isto é, sua viscosidade diminui quando é movimentada e agitada. Isso que dizer que fluem somente com a aplicação de uma força. Em inglês há uma expressão para as graxas de "*Stay put*". Significa que a graxa fica no lugar onde foi colocada, sem escorrer como faz o óleo lubrificante. Esta é uma propriedade importante onde não se deseja ou pode colocar vedações elaboradas para evitar a fuga do lubrificante do ponto de lubrificação.

A consistência da graxa pode ser descrita como a maior ou menor mobilidade da graxa. Há graxas semifluidas que escorrem com pouca força aplicada. Há graxas com a consistência de sabão duro. Por isso são chamadas de graxa em bloco. Estas, para separar uma quantidade menor, precisam de uma faca ou outro objeto para cortar. São empregadas, entre outras aplicações, na lubrificação de mancais de vagões ferroviários.

A consistência da graxa é medida como sendo a penetração de um cone numa amostra, em aparelho e condições padronizadas. Quanto mais alta a penetração, menor o grau NLGI (menos dura) e quanto menor a penetração, maior o grau NLGI (mais dura).

O grau de consistência da graxa é expresso em grau NLGI (National Grease Lubricating Institute). Assim como acontece na classificação ISO VG, há intervalos entre cada grau. A classificação começa com o grau NLGI 000, o grau menos consistente e mais fluído e vai até o grau NLGI 6, a graxa mais dura.

Os graus mais populares na lubrificação automotiva e industrial são os graus NLGI 2 e 3.

2.8.4.8. Aplicação das graxas

Os tipos de graxa são classificados com base no sabão metálico utilizado em sua fabricação.

- **Graxa à base de alumínio:** macia; quase sempre filamentosa; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; pode trabalhar em temperaturas de até 71℃.

  É geralmente utilizada em mancais de rolamento de baixa velocidade e em chassis de veículos.

- **Graxa à base de cálcio:** vaselinada; resistente à água; boa estabilidade estrutural quando em uso; deixa-se aplicar facilmente com pistola; pode trabalhar em temperaturas de até 77℃; boa resistên cia a umidade.

  É comumente aplicada em chassis de veículos e caminhões, e em bombas d'água.
- **Graxa à base de sódio:** geralmente fibrosa; em geral não resiste à água; boa estabilidade estrutural quando em uso. Pode trabalhar em ambientes com temperatura de até 150℃.

  É geralmente aplicada em mancais de rolamento pesados, mancais de rodas, juntas universais, cubos pesados, etc.
- **Graxa à base de lítio:** vaselinada; boa estabilidade estrutural quando em uso; resistente à água; pode trabalhar em temperaturas de até 150℃.

  É comumente utilizada em veículos automotivos e na aviação; em rolamentos, fusos, caixas de engrenagens leves, juntas universais, etc.
- **Graxa à base de bário:** características gerais semelhantes às graxas à base de lítio, porém com melhor resistência a umidade.
- **Graxa de base betuminosa (ou asfáltica):** de base asfáltica (piche) e "negro-de-fumo", subproduto do petróleo, porém com controle de parafinização; de aplicação severa, usadas em sistemas grosseiros; boa estabilidade a média-alta temperatura.

  Utilizada na lubrificação de grandes engrenagens abertas e semi-fechadas, de correntes, de cabos de aço e de partes de máquinas expostas às intempéries.
- **Graxa mista:** é constituída por uma mistura de sabões metálicos diversos. Assim, temos graxas mistas à base de sódio-cálcio, sódio-alumínio, etc.

Além dessas graxas, há graxas de múltiplas aplicações, graxas especiais de grau alimentício (*food-grade)* e graxas sintéticas para baixa e alta temperatura.

2.8.5. Lubrificação de conjuntos e sistemas mecânicos.

O processo de lubrificação varia de acordo com cada grupo de conjuntos mecânicos. Cada conjunto destes requer: um processo de lubrificação especifico, um lubrificante adequado, e de um grupo de técnicas especificas, de forma a garantir uma lubrificação eficiente. A LUBRIN (s/d), em seu MANUAL DE LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL, estabelece alguns critérios básicos para cada grupo de cojuntos mecânicos, sendo:

a) Lubrificação de mancais de deslizamento

Os mancais podem ser definidos como suporte ou guias de partes móveis. Em qualquer fábrica, mesmo nas menores, seu número é elevado, de cujo bom funcionamento depende em grande parte a continuidade, a qualidade e a capacidade de produção, portanto, o rendimento econômico.

O conhecimento exato de todos os fatores relacionados com o funcionamento dos mancais constitui necessidade imperiosa para engenheiros, técnicos, mecânicos e lubrificadores, posto que qualquer desequilíbrio, por menor que seja, multiplicado pelo número de mancais, representa uma perda considerável. O traçado correto dos chanfros e ranhuras de distribuição do lubrificante nos mancais de deslizamento é o fator primordial para se assegurar a lubrificação adequada.

Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa. No caso de óleo, a viscosidade é o principal fator a ser levado em consideração; no caso de graxa, a sua consistência é o fator relevante. A escolha de um óleo ou de uma graxa também depende dos seguintes fatores:

- Geometria do mancal: dimensões, diâmetro, folga mancal/eixo;
- Rotação do eixo;
- Carga no mancal;
- Temperatura de operação do mancal;
- Condições ambientais: temperatura, umidade, poeira e contaminantes;
- Método de aplicação.

b) Lubrificação de mancais de rolamento

Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são lubrificados, normalmente, com óleo. Todos os demais tipos de rolamentos podem ser lubrificados com óleo ou com graxa.

i. Lubrificação com graxa

Em mancais de fácil acesso, a caixa pode ser aberta para se renovar ou completar a graxa. Quando a caixa é bipartida, retira-se a parte superior; caixas inteiriças dispõem de tampas laterais facilmente removíveis. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade, possivelmente à base de lítio.

ii. Lubrificação com óleo

O nível de óleo dentro da caixa de rolamentos deve ser mantido baixo, não excedendo o centro do corpo rolante inferior. É muito conveniente o emprego de um sistema circulatório para o óleo e, em alguns casos, recomenda-se o uso de lubrificação por neblina.

iii. Intervalos de lubrificação

No caso de rolamentos lubrificados por banho de óleo, o período de troca de óleo depende, fundamentalmente, da temperatura de funcionamento do rolamento e da possibilidade de contaminação proveniente do ambiente.

Não havendo grande possibilidade de poluição, e sendo a temperatura inferior a 50℃, o óleo pode ser trocado apenas uma vez por ano. Para temperaturas em torno de 100℃, este intervalo cai para 60 ou 90 dias.

c) Lubrificação dos mancais dos motores.

Temperatura, rotação e carga do mancal são os fatores que vão direcionar a escolha do lubrificante. Como regra geral, temos que:

- Temperaturas altas: óleo mais viscoso ou uma graxa que se mantenha consistente;
- Altas rotações: usar óleo mais fino;
- Baixas rotações: usar óleo mais viscoso.

d) Lubrificação de engrenagens fechadas.

A completa separação das superfícies dos dentes das engrenagens durante o engrenamento implica presença de uma película de óleo de espessura suficiente para que as saliências microscópicas destas superfícies não se toquem.

O óleo é aplicado às engrenagens fechadas por meio de salpico ou de circulação. A seleção do óleo para engrenagens depende dos seguintes fatores: tipo de engrenagem, rotação do pinhão, grau de redução, temperatura de serviço, potência, natureza da carga, tipo de acionamento, método de aplicação e contaminação.

e) Lubrificação de engrenagens abertas

Não é prático nem econômico encerrar alguns tipos de engrenagem numa caixa. Estas são as chamadas engrenagens abertas.

As engrenagens abertas só podem ser lubrificadas intermitentemente e, muitas vezes, só a intervalos regulares, proporcionando películas lubrificantes de espessuras mínimas entre os dentes, prevalecendo as condições de lubrificação limítrofe.

Ao selecionar o lubrificante de engrenagens abertas, é necessário levar em consideração as seguintes condições: temperatura, método de aplicação, condições ambientais e o material de construção da engrenagem.

f) Lubrificação de motorredutores.

A escolha de um óleo para lubrificar motorredutores deve ser feita considerando-se os seguintes fatores: tipo de engrenagens; rotação do motor; temperatura de operação e carga. No geral, o óleo deve ser quimicamente estável para suportar oxidações, provenientes do aumento de temperatura.

2.8.6. Programa de lubrificação de autobetoneiras hidráulicas.

As autobetoneiras hidráulicas devido à severidade de seus trabalhos necessitam de uma estratégia de manutenção efetiva e de grande impacto, garantindo assim a integridade e extensão de vida útil de seus conjuntos e de suas partes móveis. A presença de pós contaminantes, ricos em calcário, silicatos entre outros, gera grandes problemas com relação ao desgaste prematuro dos conjuntos mecânicos, muito em função do ambiente no ato de carga e descarga, onde há significativa emanação.

A lubrificação das articulações e das partes móveis é geralmente feita com um graxa mineral, a base de sabão de lítio, de especificação NLGI 2, e na pista de rolamento é adotado uma graxa de base betuminosa, ou sintética, de especificação NLGI 2.

A SCHWING STETTER (2009), em seu MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS STETTER, define algumas práticas a serem adotadas na operação de lubrificação dos componentes das autobetoneiras hidráulicas.

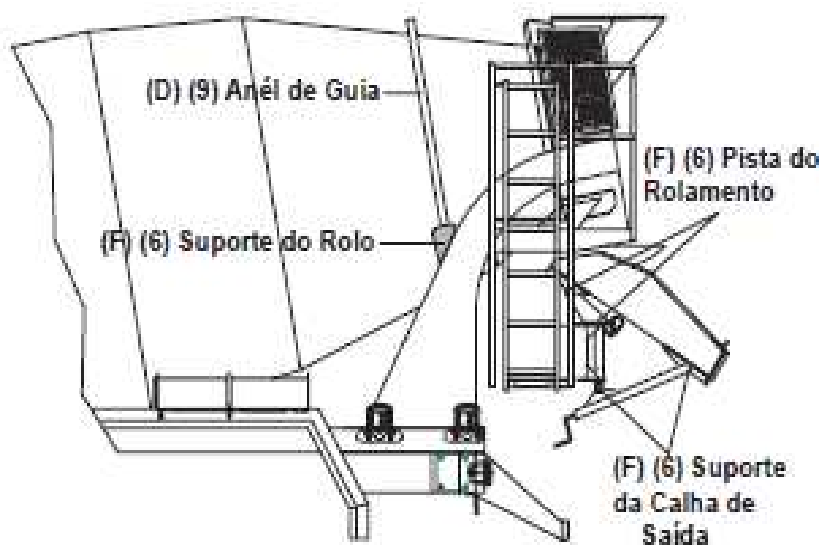



Figura 60. Detalhes dos pontos de lubrificação da autobetoneira.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

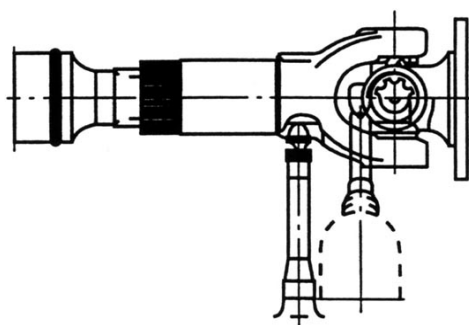



Figura 61 Detalhes dos pontos de lubrificação do eixo cardan da autobetoneira.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

1) Eixo cardan da tomada de força (PTO)

O eixo cardan é o grande responsável pela transmissão de potência mecânica ao conjunto hidráulico.

É necessário que este seja engraxado em três pontos – nas duas juntas e luva corrediça (alguns modelos de juntas universais têm bicos graxeiros em cada rolamento, totalizando desta forma 4 (quatro) bicos por junta).

Ambas as juntas de cardan devem ser engraxadas até que a graxa antiga, contaminada, saia pela vedação, garantindo não apenas a inserção de graxa, mas da limpeza do componente. Uma quantia menor de graxa é suficiente para a junta corrediça (luva), por exemplo, pois a graxa não necessita sair da marca, já que a folga é mínima e a possibilidade de contaminação externa é baixíssima.

Uma lubrificação eficiente neste item poderá poupar da ocorrência de danos graves, pois num rompimento de uma junta universal, com a inutilização de um eixo cardan, tem-se como resultado uma autobetoneira inutilizada. Sem acionamento hidráulico, não há a possibilidade de movimentação do balão – sem possibilidade de carga, mistura ou descarga do concreto, ocorrendo assim, no caso de carregado, secagem do concreto no interior do balão.

O modelo de autobetoneiras que possuem a tomada de força dianteira, pela parte frontal do motor diesel, necessita de atenção redobrada, frente a 2 (dois) fatores de criticidade: influência da temperatura externa (do invólucro onde o motor está instalado e a proximidade do radiador do sistema de arrefecimento do motor) e em função da dificuldade de acesso aos 3 (três) pontos de lubrificação necessários, conforme acima mencionado.

O eixo cardan deverá ser engraxado após ter sido submetido a qualquer reparo.

2) Rolos de apoio.

Os rolos podem se apresentam em pares (um ou dois pares), montados numa mesa do cavalete traseiro. Os rolos de apoio são conjuntos, quais contêm um par de rolamentos autocompensadores de rolos cônicos e um eixo pino. O eixo pino do rolo de apoio é o responsável pela sustentação e apoio deste rolo, para auxiliar o redutor no giro do balão. Neste pino eixo, há usinado um canal de lubrificação, qual é o responsável em levar a graxa ao par de rolamentos, lubrificando-os por completo.

A lubrificação deste conjunto deve ser feita com uniformidade e constantemente, com base em periodicidade pré-definida pelo fabricante. Alguns modelos de autobetoneiras modernas contêm instalado em proximidade ao cavalete traseiro, uma bomba de graxa, qual se pode efetuar a lubrificação destes com facilidade e comodidade.

Recomenda-se uma lubrificação completa, com expulsamento de toda a graxa antiga, contaminada.

3) Eixo de sustentação e giro da bica giratória.

O eixo de sustentação e giro da bica giratória é um eixo maciço, em aço, montado em um mancal de bronze, e este contém um bico graxeiro. É o responsável em promover a sustentação do conjunto de descarga, e proporcionar a ação de giro na posição desejada.

A lubrificação é efetuada através da aplicação de graxa neste mancal, expulsando a graxa antiga, outrora contaminada.

4) Eixo do elevador da bica giratória.

O eixo do elevador, também chamado de “macaquinho de elevação” contém um fuso de perfil quadrado e uma porca, de mesmo perfil. Este conjunto é responsável e prover a elevação e sustentação da calha, qual, ao ser girado, efetua o movimento de avanço (no ato de giro da manivela, quando se efetua o movimento rotativo, obtém um movimento linear).

Esta porca, juntamente com o mancal de apoio, contém um bico graxeiro, responsável em introduzir a graxa neste conjunto, aliviando o atrito entre as partes – porca e fuso.

A lubrificação é efetuada através da aplicação de graxa neste mancal e na porca, expulsando a graxa antiga, outrora contaminada.

5) Pista de rolamento.

A pista de rolamento trabalha apoiada nos rolos de apoio, promovendo uma ação de rolamento no ato de giro do balão,

Esta requer uma lubrificação mínima, isto é, necessita de apenas uma fina camada superficial de lubrificantes. Esta lubrificação tem como objetivos: aliviar o atrito entre as partes, proteger a superfície desta pista da oxidação (reduzindo os efeitos de desgaste dos rolos de apoio e da mesma), e ainda tem a função de atenuar as ações de encruamento superficial do material, devido a ação combinada de material susceptível a incruamento superficial, mais a carga excessiva e dinâmica.

Este item, a pista de rolamento, é o único item que deverá ter aplicado um tipo de graxa diferente dos demais itens. Devido à exposição à ação das intempéries, se faz necessário a adoção de uma lubrificação com graxa de base asfáltica (betuminosa), ou de uma base sintética, quais possuam boa adesividade e alta taxa de resistência a emulsificação (boa resistência a ação da água), e ainda que suportem cargas dinâmicas de grande volume, como no caso do balão sobre os rolos.

Figura 62. Detalhes da bomba de graxa para lubrificação dos rolos de apoio e pista de rolamento.
Fonte: *Catálogo Eletrônico de Betoneiras MT – INDUMIX.*

6) Redutor de velocidade.

O redutor de velocidade da autobetoneira necessita de especial atenção quanto à periodicidade de reposição e troca de óleo do seu carter, assim como da correta tarefa de manutenção-lubrificação. Tratando-se de um item de alto custo e de grande impacto na disponibilidade operacional do equipamento autobetoneira, uma lubrificação correta, planejada e efetiva, tem um efeito de grande impacto, e de grande expressão, no tocante a disponibilidade operacional, e redução de custo, prolongando expressivamente a vida útil do mesmo.

O constante atrito entre as engrenagens internas (paralelas), com a extrema carga pontual nestas, levam a um desgaste (fenômeno natural e esperado neste tipo de conjunto), com o acúmulo de cavacos no interior do carter. Contudo, um acúmulo desmedido, com a presença de um óleo lubrificante com propriedades de resistência a extrema pressão saturadas, pode servir como um vetor no aceleramento do processo de desgastes destas engrenagens e rolamentos, levando a uma quebra imediata.

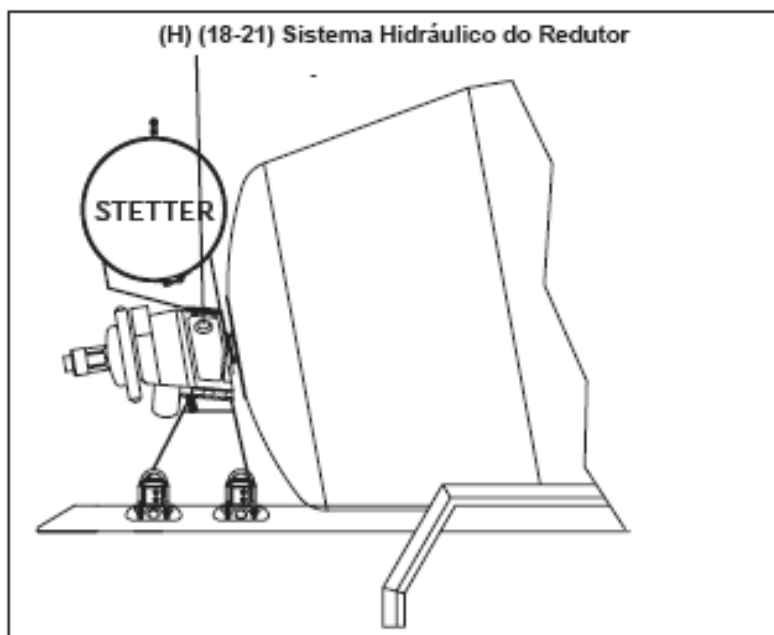



Figura 63. Detalhes do ponto de enchimento do carter do redutor planetário.
Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

Os óleos recomendados para aplicação nos redutores planetários são os do tipo mineral, com a aditivação do tipo EP – Extrema Pressão (geralmente são óleos do tipo mineral, mas podendo ser adotado outros óleos, como do tipo sintético) indicada para transmissões pesadas, de engrenagens paralelas com caixas fechadas.

A especificação correta e detalhada do lubrificante ideal é fornecida pelo fabricante do redutor, ou pelo fabricante da autobetoneira (conforme detalhados nas tabelas nos ANEXOS I e II).

7) Fluído e filtro hidráulico.

Segundo a revista MANUTENÇÃO & SUPRIMENTOS (2012), as impurezas e contaminações no fluído do sistema hidráulico podem causar muitos problemas no futuro, como riscamento das áreas de pressão, riscamento dos colos dos rolamentos riscamento das placas de arraste, entre outros problemas. Por isso, a manutenção de lubrificação deste sistema é essencial para mitigação desses impactos indesejáveis, e por fim reduzir custos com substituição desses itens.

Figura 64. Detalhe de uma placa de arraste de uma bomba hidráulica de pistões, riscada devido falha no fluído hidráulico.

Fonte: *Manual de Filtragem Industrial - PARKER TRAINNING (1999)*

A razão mais comum para a deterioração dos sistemas hidráulicos, e de seus componentes, é a contaminação do fluído hidráulico, seja por meio de partículas, seja por meio de soluções (ácidos, água, ou outro agente). Geralmente, a contaminação do fluído hidráulico é uma das principais razões do fraco desempenho do sistema durante um período de tempo, devido a perda das propriedades.

Na maioria das vezes os contaminantes entram no sistema em forma de pó de metal, ou material das vedações, ou ainda de partículas que adentraram pelo *vent* (respiro) do reservatório hidráulico, este ultimo caso é de grande frequência e recorrência nas autobetoneiras, em função do pó proveniente da operação de carregamento e descarregamento. Além disso, a água e o ar aprisionado também contribuem para a contaminação deste fluído (grande parte em função da quantidade de O_2, N_2 e H_2, presentes, tanto no ar quanto na água).

A deterioração dos fluídos no sistema hidráulico, muitas vezes ocorre devido a temperaturas elevadas, em conjunto com eleve quantidade de água presente, portanto, é aconselhável manter a temperatura de funcionamento do fluído hidráulico, bem abaixo dos 70℃ (155℉). Nas autobe toneiras, em seus sistemas hidráulicos, são beneficiadas pela instalação em totalidade dos

modelos, trocadores de calor, equipamentos de controles de temperatura e sistemas por ar forçado.

A vida de um sistema hidráulico pode ser maximizada ao manter um controle regular sobre a pureza do fluído hidráulico, de forma sistêmica. Para isto pode ser adotados 2 (dois) procedimentos de manutenção de lubrificação, constantes e sistêmicos. São:

1) Lubrificação não condicionada.

A manutenção/lubrificação do sistema hidráulico da autobetoneira é realizada pela constante e sistematizada substituição do filtro do sistema hidráulico (de acordo com um parâmetro fornecido pelo fabricante do óleo, do componente ou da autobetoneira) e a substituição do próprio fluído hidráulico, por completo. Poderá ser incluso nesta manutenção uma limpeza do sistema, com a utilização de fluís específicos, ou com uma parcela do próprio fluído, perdido.

2) Lubrificação condicionada.

A manutenção/lubrificação do sistema hidráulico da autobetoneira é realizada a partir de uma análise do fluído (previamente colida, e realizada por um laboratório tribológico), com a posterior filtração do fluído do sistema (on line ou out line), caso necessário. Na perda de propriedades lubris ou no caso de uma saturação parcial, o óleo pode ser reposto fracionadamente. Essa análise também pode ajudar na determinação da viscosidade exata do fluído, bem como a detecção de contaminantes existentes nele, tais como a água ou outras partículas estranhas. A periodicidade de coleta e analise é definida pelo laboratório tribológico, ou ainda tomando-se como base um histórico detalhado das filtragens, trocas e reposições.

No geral, assim como indicado pelas empresas fabricantes de autobetoneiras hidráulicas, e em quase totalidade das empresas concreteiras, o primeiro modelo é o mais adotado. Em termos de eficiência o último modelo apresenta o melhor resultado, e possui uma confiabilidade extrema, porem seu custo é relativamente alto, além de exigir um controle mais intenso e assertivo.

A SCHWING STETTER (2009) estabelece alguns parâmetros para substituição dos fluídos hidráulicos, de forma não condicionada, sendo:

- **Para sistemas ZF:**

A primeira troca de óleo e filtro deve ocorrer ao completar 200 horas de operação. As subsequentes trocas de óleo e filtro, devem ocorrer a cada 1000 horas de operação, ou a cada 6 (seis) meses.

- **Para o sistema SAUER e SUNDSTRAND HYDRO:**

A primeira troca de óleo deve ocorrer ao completar 50 horas de operação. As subsequentes trocas de filtros devem ocorrer a cada 500 horas de operação ou a cada 2 (dois) meses.

2.8.7. Programa de manutenção preventiva de autobetoneiras hidráulicas.

Conforme estabelece a LIEBHERR (2007), as manutenções preventivas necessárias para atendimento pleno à integridade e confiabilidade operacional das autobetoneiras hidráulicas são de suma importância, tanto no que se diz a redução (minimização) de paradas não programadas de operação, como redução de custo. Estes custos podem se apresentar de diversas formas, como custos operacionais diretos (componentes da produção do concreto, mão de obra operacional, manutenção preventiva, manutenção corretiva, etc.), como demais custos (custos com perdas de processo, custos com multas contratuais devido atrasos, e até custos com multas de trânsito, tratando-se de uma ocorrência de parada de equipamento em via publica, por exemplo).

Na operação do concreto, a situação mais crítica e evitada a todo custo, é sem sombra de duvida a parada não programada, sobretudo se esta ocorrer com o equipamento carregado, já que o concreto é um produto de extrema perecividade, e considerado um resíduo merecido de atenção no descarte (Resíduo Classe II) e com risco de secagem no interior do balão.

A manutenção preventiva, embora os inúmeros fatores já citados anteriormente, tem sido cada vez mais aceita e entendida como um forte aliado da disponibilidade operacional, promovendo um aumento significativo na confiabilidade de operação. Há, porém, uma imensa lacuna a ser preenchida na construção civil e na indústria concreteira, sobretudo no que se diz a manutenção de sistemas mais delicados, como o sistema hidráulico e o redutor de velocidades.

A manutenção preventiva destes equipamentos pode ser apresentada sob muitas formas de atuação, com controles específicos, com uso de medidores referenciais e ou mesmo periodicidade, para garantia da sistematização destas

intervenções. No tocante ao método, pode-se adotar basicamente 3 (três) modelos de manutenção preventiva, independente do tipo de medidor de controle. São elas:

1) **Manutenção preventiva não condicionada**.

   A manutenção preventiva do equipamento autobetoneira, ou de um conjunto, é realizada de forma sistematizada, definida por um controle qualquer (m³, horas, km, litros consumidos, etc.) ou por um período de tempo. Neste modelo de manutenção, efetua-se a substituição efetiva e incondicional de uma série de itens, pré-definidos em um plano de manutenção, e de acordo com um procedimento operacional.

2) **Manutenção preventiva condicionada**.

   A manutenção preventiva do equipamento autobetoneira, ou de um conjunto, é realizada de forma sistematizada, definida por um controle qualquer (m³, horas, km, litros consumidos, etc.) ou por um período de tempo. Este modelo de manutenção assemelha-se com o anterior, contudo a substituição de um item qualquer, ou um conjunto mecânico, é feita somente após uma análise detalhada, frente a uma inspeção. Na ocorrência de uma anomalia e ou falha, é providenciado a manutenção imediatamente, reparando o item ou substituindo-o.

3) **Manutenção corretiva planejada**.

   A manutenção corretiva planejada, embora esteja classificada como uma manutenção corretiva, tem uma atuação de forma similar a um preventiva. Na ocorrência de uma anomalia, observada pelo operador ou outro colaborador, desde que não venha afetar alguns aspectos externos, como: aspectos legais e de trânsito, aspectos de saúde e segurança do operador e das pessoas ao redor, aspectos ambientais; poderá ser adiada até o momento correto (no ato da preventiva do equipamento autobetoneira, ou de um conjunto) é realizada de forma sistematizada, definida por um controle qualquer (m³, horas, km, litros consumidos, etc.)

   No momento certo, de forma planejada, a manutenção corretiva (com base na anomalia encontrada) é efetuada, em conjunto com a manutenção preventiva.

O modelo mais comumente adotado pelas empresas de concretagem, e indicado por quase totalidade das empresas fabricantes de autobetoneiras de concreto, é o de manutenção preventiva não condicionada, com método de controle

por produtividade real – m³ produzido (quantidade em m³, do quanto à autobetoneira produziu em sua vida operacional). Num sentido mais amplo, onde a manutenção preventiva encontra-se apresentada como de baixo desempenho (apenas no que se refere ao limite ideal da razão de gestão de manutenção – custo x periodicidade), do ato de compra de um equipamento, sobretudo, pode ser definida por um critério de periodicidade fixa (mês, semanas, ano, etc.). Este último fator tem uma passividade de erro bem maior, e indica-se a adoção para intervenções de menores impactos, como inspeções, verificações, etc. Ao fato desta tomar como base uma média produtiva, adotada nas indústrias de concreto num geral, desvios produtivos e períodos de improdutividade, com controles deficientes, diga-se de passagem, pode afetar gravemente a sistematização da manutenção, e eficiência desta.

Outra forma de controle, também muito utilizada (e adotada por muitos fabricantes), e com uma margem de erro bem menor em relação ao controle por períodos, é o controle por horas trabalhadas. Este medidor é tomado com base no período qual o equipamento autobetoneira este ligado, independente do caminhão. Este medidor é de fácil controle, de boa eficiência, ficando atrás apenas do controle por m³ produzido.

A SCHWING STETTER (2009), em seu MANUAL DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE BETONEIRAS, aborda alguns itens que necessitam de atenção especial no que se diz manutenção preventiva e inspeção de componentes, de modo a atingir uma operação confiável e livre de indesejáveis paradas não programadas, assim como os medidores e periodicidades indicadas (periodicidade na tabela anexa, em ANEXO III).

Abaixo se encontram listados alguns itens, quais necessitam de atenção, no tocante à manutenção preventiva de autobetoneiras de concreto:

1) Sistema de ar comprimido.

O ar comprimido é utilizado basicamente para promover a pressurização do vaso de pressão de água, forçando a expulsão da água, com leve pressurização da mesma no bico de lavagem, e ainda para promover pressão para a água percorrer o trecho de tubulação, passando pelo hidrômetro, até o balão. Este ar comprimido, proveniente do compressor do motor diesel do caminhão, é enviado ao vaso de pressão de água da betoneira, passando por uma válvula reguladora de pressão e por uma válvula direcional 3/2 vias. Há uma válvula de segurança (PSV) afixada no casco do vaso de pressão, com

valor de abertura especificado pelo fabricante, indicado para uma pressão máxima de trabalho (PMTA) de 4 Bar. A válvula de segurança (PSV), tem sua pressão de abertura (PV) regulada em 1,5 vezes a pressão de trabalho; e esta válvula tem como objetivo o acionamento no caso de falha do sistema ou do reservatório de pressão contra sobrepressão.

A manutenção preventiva deste sistema pode ser efetuada por meio de uma inspeção visual a cada 200 horas de operação, ou mensalmente; objetivando uma avaliação detalhada a procura por vazamentos, trincas e demais anomalias, e ainda a comparação da pressão (variação brusca de pressão indica uma anomalia).

Recomenda-se uma inspeção e calibração anual da válvula de segurança (PSV), de modo a garantir a integridade e funcionalidade.

2) Redutor de velocidade.

Trata-se de um item com baixa necessidade de manutenção preventiva, pois a tratando-se de um sistema fechado, a manutenção de lubrificação já se encarrega pela integridade da vida deste.

Redutores da marca TRASMITAL ou BONFIGLIOLI têm instalado em seu mecanismo principal do cubo central, um batente, que tem a função de aliviar a tensão do conjunto no caso de reversão. Recomenda-se um ajuste mensal na folga deste batente, de modo a evitar um desgaste excessivo do mesmo.

Não há uma especificação de reparos intermediários, como a troca dos rolamentos ou de engrenagens, porém, estima-se um vida de aproximadamente 18000 horas, ou 6 (seis) anos, ou 34500 m³. Estes valores são tomados como base uma média conhecida em históricos de manutenção, e pode variar significativamente, tanto com o modelo de operação, criteriosidade e sistematização da manutenção e uso deste equipamento.

Um método de manutenção preventiva a ser adotado neste caso é a inspeção do conjunto, podendo ser efetuada a cada 200 horas de trabalho, ou mensalmente. Uma medição da folga axial e radial do flange deste (valores fornecidos pelo fabricante) e uma auscultação na procura de ruídos irregulares e anormais, pode ser de grande valia na identificação de defeitos e anomalias.

Após esta vida total, e ou na identificação de qualquer uma anomalia, pode-se promover uma reposição do conjunto, ou mesmo a manutenção do mesmo –

troca do rolamento de autocompensador principal, troca dos rolamentos do cubo de engrenamento, troca das vedações, troca do rolamento axial.

3) Bomba hidráulica.

Trata-se de um item isolado, fechado, impossibilitando qualquer ação de manutenção preventiva. Uma manutenção de lubrificação correta, com troca de filtros e do fluído hidráulico já se encarrega por boa parte da integridade da vida deste.

Um procedimento de manutenção preventiva, com parâmetro, ou sistemática, especificamente, não é comumente adotado. Contudo, pode-se adotar uma inspeção visual a cada 200 horas, ou mensalmente, a procura de vazamentos, trincas e demais anomalias, assim como conferência da pressão do sistema, verificando a funcionalidade e desempenho desta.

4) Motor hidráulico.

Assim como no caso da bomba hidráulica, trata-se de um item isolado, fechado, impossibilitando qualquer ação de manutenção preventiva. Uma manutenção de lubrificação correta, com troca de filtros e do fluído hidráulico já se encarrega por boa parte da integridade da vida deste.

Um procedimento de manutenção preventiva, com parâmetro, ou sistemática, especificamente, não é comumente adotado. Contudo, pode-se adotar uma inspeção visual a cada 200 horas, ou mensalmente, por exemplo, a procura de vazamentos, trincas e demais anomalias.

5) Tambor de mistura (ou balão).

Devido à ação da abrasão do concreto, severa por sinal, há um processo de redução significativa na vida útil desse conjunto; ainda há recorrência de trincas nas juntas soldadas do costado, em função do grande esforço e tensão residual na área da junta. Recomenda-se então que sejam limpas as superfícies a cada operação de carga, mistura e descarga (evitando acúmulo de concreto seco), e uma inspeção de integridade detalhada, interna e externamente neste componente.

- **Internamente –** esta inspeção tem como objetivo avaliar a integridade dos setores do balão (virolas), das espiras helicoidais (helicóides ou facas), reforços destas espiras; objetivando encontrar focos de corrosão acelerados, áreas desgastadas pela ação da abrasão do concreto, trincas e demais defeitos nas juntas soldadas.

- **Externamente –** esta inspeção tem como objetivo avaliar a integridade dos setores do balão, objetivando encontrar focos de corrosão acelerados, mossas, trincas e demais defeitos nas juntas soldadas, e ainda na procura de assim como falhas na pintura deste componente.

Os métodos de ensaio não destrutivos de: LP (Líquidos Penetrantes) e US-ME (Medição de espessura por ultrassom) poderão ser adotados na inspeção das juntas soldadas, na identificação de trincas, porosidades e demais anomalias macrometalurgicas; e nas superfícies das virolas do costado, na identificação de redução de espessura das chapas, pela aceleração do desgaste devido a abrasão do concreto, no interior do balão.

A vida útil dos componentes do balão, segundo a LIEBHERR (2007), é de:

- A vida útil média de um tambor de mistura (ou balão) completo (costado + tampos) é de aproximadamente 30000 m³, ou 5 anos, ou ainda 14500 horas de operação.
- A vida útil média de um conjunto de espiras helicoidais (ou helicóides) é de aproximadamente 15000 m³, ou 2 anos, ou ainda 6000 horas de operação.
- A vida útil média de um conjunto de reforço de espiras helicoidais (ou helicóides) é de aproximadamente 7500 m³, ou 1,5 anos, ou ainda 4500 horas de operação. A cada substituição de espiras helicoidais, um conjunto de reforços deve ser aplicado.
- A vida útil média de uma pista de rolamento de um balão é de aproximadamente 50000 m³, ou 8 anos, ou ainda 23000 horas de operação.

A inspeção de integridade deste conjunto é recomendável que seja efetuada a cada 200 horas, ou mensalmente.

Na necessidade de reparos nas juntas soldadas, assim como a substituição das virolas do costado, as espiras helicoidais (ou helicóides, ou facas), os reforços das espiras helicoidais, e ou a pista de rolamento; deve-se para isto, providenciar um procedimento de soldagem que atenda às especificações do fabricante, e as boas práticas de soldagem, em termos de parâmetros de soldagem e consumíveis.

Preventivamente, aliado a esta inspeção, pode-se efetuar correções nas falhas da pintura, efetuando o processo de repintura por completo (fosfatização, aplicação de *primer* e pintura), garantindo maior vida útil da superestrutura.

6) Superestrutura.

Devido à ação dos esforços contínuos – aplicação força pelo peso do equipamento e da ação da suspensão do caminhão – a superestrutura sofre distorções significativas, com grande incidência de trincas nas juntas soldadas. Há ainda outro fator de grande impacto, que é o acúmulo de água em partes de difícil escoamento, ocasionando focos de corrosão.

Recomenda-se que sejam limpas as superfícies a cada operação de carga e descarga (evitando acúmulo de concreto seco). Recomenda-se ainda que seja feito uma inspeção a cada 200 horas de operação, ou mensalmente; e uma inspeção de integridade, a cada 1000 horas, ou semestralmente; objetivando encontrar focos de corrosão acelerados (com alta redução de espessura), trincas e demais defeitos nas juntas soldadas, assim como falhas na pintura deste componente.

O método de ensaio não destrutivo de LP (Líquidos Penetrantes) pode ser adotado na inspeção das juntas soldadas, a procura de trincas e demais anomalias.

Na necessidade de reparos nas juntas soldadas, deve-se providenciar um procedimento de soldagem que atenda as especificações do fabricante, em termos de parâmetros de soldagem e consumíveis.

Preventivamente, aliado ao processo de inspeção de integridade, pode-se efetuar correções nas falhas da pintura, efetuando o processo de repintura por completo (fosfatização, aplicação de *primer* e pintura), garantindo maior vida útil da superestrutura.

O aperto de torque para parafusos utilizados nas travas em “U” e demais parafusos, responsáveis pela fixação da superestrutura das autobetoneiras no chassi do caminhão, ou dos cavaletes, necessita ser constantemente verificados e auditados. Todas as porcas, parafusos e tirantes em “U” da autobetoneira devem ser checados para ajustes e reapertos se necessário, num intervalos de inspeção detalhada: inicial, depois de 200 horas de operação, ou primeiro mês; e sistêmica, a cada 1000 horas de operação, ou semestralmente.

7) Sistema de descarga do concreto.

Por se tratar de um grupo de componentes que mantém constante contato com o concreto, e ainda por se tratar de superfícies molhadas constantemente, há

um desgaste acelerado nas superfícies destes por meio de abrasão, e ainda ocorrência de corrosão nas partes adjuntas.

Recomenda-se que sejam limpas as superfícies a cada operação de carga e descarga (evitando acúmulo de concreto seco), e que seja feito uma inspeção de integridade a cada 200 horas de operação, ou mensalmente; objetivando encontrar focos de corrosão acelerados, áreas desgastadas pela abrasão, trincas e demais defeitos nas juntas soldadas, assim como falhas na pintura deste conjunto.

Preventivamente, aliado a inspeção de integridade, pode-se efetuar correções nas falhas da pintura, efetuando o processo de repintura por completo (fosfatização, aplicação de *primer* e pintura), garantindo maior vida útil da superestrutura.

8) Proteções e seguranças operacionais.

Por trata-se de um grupo de componentes de extrema importância, quais ficam exposto à ação da atmosfera e da umidade do processo, constantemente, recomenda-se que sejam limpas as superfícies a cada operação de carga e descarga (evitando acúmulo de concreto seco), e que seja feito uma inspeção visual a cada 200 horas de operação, ou mensalmente; e uma inspeção de integridade, a cada 1000 horas, ou semestralmente; objetivando encontrar focos de corrosão acelerados, mossas, com alta redução de espessura, trincas e demais defeitos nas juntas soldadas, assim como falhas na pintura destes.

Preventivamente, aliado a inspeção de integridade, pode-se efetuar correções nas falhas da pintura, efetuando o processo de repintura por completo (fosfatização, aplicação de *primer* e pintura), garantindo maior vida útil da superestrutura.

9) Sistema de dosagem de água e manutenção do *Slump*.

Devido à ação de incrustação de materiais nas tubulações e demais acessórios, em função de materiais presentes na água, algumas ações de manutenção preventiva devem ser atentadas.

Nos coletores de sujeira (filtro “Y”) devem ser limpos a cada 1000 horas de operação, ou semestralmente. Deve-se remover o plugue de dreno, limpar a tela filtrante em água corrente e reajustá-la.

Nas conexões de água e pneumáticas, deve-se efetuar uma checagem e reaperto das mesmas, conforme valores de torque tabelados fornecidos pelo fabricante, aproximadamente a cada 200 horas de operação.

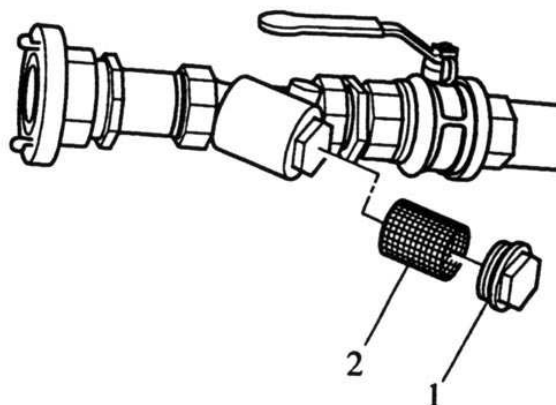



Figura 65. Detalhe de conjunto de entrada de água do sistema de dosagem de água e manutenção do *Slump.*

Fonte: *Manual de Manutenção e Operação de Betoneiras SCHWING STETTER (2009).*

10) Reservatório de água.

Recomenda-se que seja feito realizado uma inspeção visual, a cada 200 horas de operação, ou mensalmente; e uma inspeção de integridade, a cada 1000 horas, ou semestralmente; objetivando encontrar focos de corrosão acelerados, com alta redução de espessura, trincas e demais defeitos nas juntas soldadas.

Os métodos de ensaio não destrutivos de: LP (Líquidos Penetrantes) e US-ME (Medição de espessura por ultrassom) poderão ser adotados na inspeção das juntas soldadas, na identificação de trincas, porosidades e demais anomalias macrometalurgicas; e nas superfícies do costado do reservatório, na identificação de redução de espessura das chapas, pela ação da corrosão interna.

Na necessidade de reparos nas juntas soldadas, deve-se providenciar um procedimento de soldagem que atenda às especificações do fabricante, em termos de parâmetros de soldagem e consumíveis.

Recomenda-se ainda a calibração da válvula de segurança (PSV) anualmente, de modo a garantir funcionamento e integridade de operação.

Preventivamente, aliado a inspeção de integridade, pode-se efetuar correções nas falhas da pintura deste componente, efetuando o processo de repintura por

completo (fosfatização, aplicação de *primer* e pintura), garantindo maior vida útil da superestrutura.

11) Sistema eletroeletrônico.

O sistema eletroeletrônico de uma autobetoneira é de grande simplicidade, devido a pequena quantidade de componentes, e pela simplicidade de operação. Contudo, devido a ação da água, há grande ocorrência de panes elétricas, onde o excesso de oxidação causado por esta umidade, gerando maus contatos, aquecimento em terminais, rompimentos de fios, etc.

Recomenda-se que seja efetuada uma inspeção visual, a cada 200 horas, ou mensalmente, no sistema eletroeletrônico, a procura de áreas oxidadas. Nestas áreas deverá ser efetuada uma limpeza nestes bornes com a utilização de álcool isopropílico, e aplicado graxa dielétrica. Recomenda-se ainda que as caixas de comando e de passagem, sejam isoladas com a utilização de silicone, ou outro vedante.

2.8.8. Recomendações de limpeza operacional.

A SCHWING STETTER (2009), em seu MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE AUTOBETONEIRAS HIDRÁULICAS STETTER, define algumas práticas a serem adotadas na limpeza operacional das autobetoneiras hidráulicas, isto é, a prática de limpeza efetuada pela equipe operacional, sempre após cada operação de carga, mistura e descarga, assim como os cuidados técnicos nesta atividade. A indústria concreteira ainda, por meio de pesquisas e experiência operacional comum, também criou padrões para tal operação. São as recomendações de ambos a seguir:

1) Evitar a utilização de jatos de alta pressão com auxílio de vapor, na limpeza do misturador (ou balão da betoneira), durante as primeiras 8 (oito) semanas.

2) Ao usar os jatos de alta-pressão com auxílio de vapor (após período inicial acima citado), observar a instruções dos fabricantes destes, a fim de aplicar pressões demasiadas nas superfícies da autobetoneira, destacando partes ou rompendo a película de tinta.

3) Atentar para a utilização de aditivos químicos especiais, e demais limpadores desincrustantes, quais contenham ácidos em demasia em sua formulação (concentrações acima de 5%), a fim de evitar danos à pintura e aceleração no processo de corrosão – avaliar a FISPQ anteriormente.

4) Recomenda-se encher o tambor de mistura (ou balão) com água (150-200 litros) depois de ter descarregado o material na obra, e coloca-lo em movimento de mistura para retorno a central, em aproximadamente 4-5 RPM.

5) As partes do sistema de carga e descarga do concreto deverão ser limpas a cada operação de descarga, utilizando-se de escova de limpeza pesada e um limpador desincrustante adequado.

6) Ao término da operação diária, deve-se completar o tambor de mistura (ou balão) com água, suficientemente, e deve ser colocado em funcionamento por 5-10 minutos na rotação máxima. Após agitação, a água com o resto do concreto deverá ser vertida.

7) Após limpeza prévia com água no tambor de mistura (ou balão), com a agitação e posterior escoamento, verter no interior do tambor de mistura (ou balão), uma quantidade razoável de um agente de limpeza específico.

8) Não utilizar hidrocarbonetos ou outras substâncias oleosas, tais como: óleo diesel, querosene, óleo hidráulico, etc., nas partes de descarga da autobetoneira (para possível inaderência do concreto). Para tal, deve-se utilizar compostos especiais, como óleos graxos, biodegradáveis, desenvolvidos especificamente para tal função.

9) Na ocorrência de acúmulo de concreto seco no interior do tambor de mistura (ou balão), em decorrência de limpezas incorretas, a remoção deste poderá ser efetuada utilizando-se de sistema de rompedor de rochas leve (utilizar rompedores com no máximo 1,5 kg), a fim de evitar danos no costado deste.

10) Evitar a todo custo operar o tambor de mistura (ou balão) com quantidades significativas de concreto seco no interior do mesmo (acima de 0,8 m^3) - o acúmulo excessivo de concreto seco no interior do tambor de mistura (ou balão), e entre as helicoides, pode gerar danos significativos no sistema de motorização, e na superestrutura da autobetoneira.

3. DISCUSSÕES.

Com base no trabalho apresentado, qual teve como base o estudo da influência e importância da manutenção preventiva e da lubrificação em autobetoneiras de concreto, utilizadas na indústria de concreto usinado, fica evidente uma mudança de comportamento na indústria da construção civil, sobretudo na indústria concreteira, qual detém e utiliza este tipo de equipamentos com maior intensidade. Esta mudança comportamental, comparando-se às indústrias no geral, mostra-se ainda singela e tímida, porém visível. É evidente a escassez de recursos aos mantenedores da área de manutenção da indústria concreteira, e de uma metodologia de manutenção concreta e efetiva acerca desta, que enxergue o equipamento como uma peça fundamental na estratégia de gestão de longo prazo. Porém mesmo esta visão ser ausente em muitas empresas, a cada passo a produção tem entendido a manutenção preventiva e a lubrificação como um meio de auxilio a obtenção da disponibilidade operacional e como ferramenta auxiliadora na redução de custos e aumento de receita.

Em função da necessidade de atendimento ao volume de concreto produzido, e ao dinamismo deste mercado, cada vez mais crescente e mais expressivo, a disponibilidade operacional é o grande trunfo da empresa prestadora do serviço de concretagem, sem contar a busca por uma operação de menos custo e de menor impacto possível. Daí a verdade fica evidente, pois com uma manutenção preventiva de grande efetividade e uma lubrificação mais técnica e correta possível, a disponibilidade operacional poderá ser atingida com maior confiabilidade e previsibilidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O presente trabalho fornece-nos uma visão mais detalha e criteriosa do equipamento autobetoneira hidráulica, utilizado na indústria de concretos, no que se referem aos conceitos técnicos construtivos do mesmo, assim como informações técnicas da correta operação, manutenção e lubrificação – sendo estes últimos 2 (dois) itens os objetivos fins do presente. Vimos ainda uma explanação mais profunda dos tipos de manutenção, sistemas de gestão da manutenção e conceitos fundamentais das principais intervenções (manutenções preventivas, manutenções corretivas, manutenções preventivas, inspeções, lubrificação, entre outras), acerca do que baseia as ações e sistemáticas envolvidas nas tarefas de reparos destes equipamentos.

Aliado ao tema, na exploração e desenvolvimento do mesmo, pudemos ainda conhecer e avaliar o cenário industrial e de serviços na área de construção civil, sobretudo a área em estudo especifica, qual detém e consome esse tipo de equipamentos, a indústria concreteira e empresas construtoras que utilizam o concreto usinado. É sem sobra de dúvidas uma área em ascensão, e de grande posição de destaque no cenário macroeconômico nacional, com índices financeiros crescentes; daí a grande necessidade de atenção a este grupo de equipamentos, meio a expressividade alcançada e a escassez de um estudo detalhado sobre tal tema.

No Brasil, como citado no trabalho, pelo fato das empresas de concretagem adotarem centrais dosadoras de concreto (CDC), em função de custo inicial de investimento e de manutenção, a produção do concreto fica acondicionada exclusivamente ao interior dos balões das autobetoneiras (os caminhões betoneiras). Com isso, há uma notável degradação deste item e de seus demais acessórios, onde verifica-se um processo de desgaste mais acelerado, exigindo uma manutenção mais intensa, sistematizada e confiável. De modo a garantir a operação plena destes equipamentos, reduzir custos operacionais e trazer ao processo maior previsibilidade, exige-se uma manutenção mais prevencionista – uma manutenção de foco preventiva.

Pontos chaves foram abordados ainda, assim como se os aspectos fundamentais destes, no que se diz a correta operação, ao processo de manutenção

em si, lembrando sempre que o modelo ideal a ser buscado – garantindo maior sistematização, confiabilidade e previsibilidade – é o da manutenção preventiva.

A lubrificação não foge a regra, já que esta é de grandíssima importância na previsibilidade, sobretudo na indústria concreteira, em função do alto índice de contaminação e demais variáveis que afetam grandemente a vida útil dos conjuntos.

Ações de intervenção preventivas, de manutenção e lubrificação, sobretudo se tecnicamente embasadas e efetivamente sistematizadas, poderão garantir a disponibilidade operacional do equipamento, reduzindo os custos com as paradas não programas, e trazer uma maior previsibilidade em termos de gestão, sem dizer da indiscutível extensão da vida útil dos componentes e do equipamento como um todo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Concreto Dosado em Central**. São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf. Acesso em: 20 de fevereiro de 2012.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Concreto em destaque**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/info_cDes.htm>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2012.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Princípios básicos do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.abesc.org.br/pdf/pbasico.pdf . Acesso em: 20 de fevereiro de 2012.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem. **Apresenta informações sobre o concreto dosado em central no Brasil e no mundo**. Disponível em: http://www.abesc.org.br . Acesso em: 20 de fevereiro de 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de concreto dosado em central - NBR 7212.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto para fins estruturais - Classificação por grupos de resistência – NBR 8953**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto – NBR 12654.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento - NBR 12655**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - Amostragem de concreto fresco NBR-NM 33.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone NBR NM 67**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e Manutenabilidade – NBR 5462**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BETONMAC S.A. **Apresenta informações sobre os tipos de misturadores**. Disponível em: <http://www.betonmac.com>. Acesso em: 17 abril 2012.

BRANCO Filho, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2004.

BRANCO Filho, Gil. **PCM** – **Planejamento e Controle da Manutenção. Apostila do Curso de PCM.** São Paulo: ABRAMAN, 2006.

BRITO Mário. **Manual Pedagógico da Manutenção PRONACI.** Lisboa: PRONACI/AEP, 2003.

BORGES, Michelly Lorena. **Dissertação de Mestrado – Avaliação da Qualidade de Concretos Produzidos em Centrais Dosadoras, Misturados em Caminhões Betoneiras e de Concretos Produzidos em Centrais Misturadoras.** Goiânia: UFG, 2009.

CARVALHO, Walker Dutra. **Modelo de Gestão dos Ciclos de Manutenção.** Trabalho de conclusão de curso, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2004.

CIUCCIO, Ricardo Luiz. **Gestão da Manutenção.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade de Guarulhos. São Paulo, 2007.

CORTESIA. **Manual de Concretagem Cortesia**. Manual. São Paulo: CORTESIA, s/d.

CORTESIA. **Apresenta informações sobre concretos e serviços**. Disponível em: http://www.cortesiaconcreto.com.br/servicos.html .Acesso em: 01 fevereiro 2012.

CONVICTA. **Apresenta informações sobre os tipos de centrais e autobetoneiras de concreto.** D*isponível em:* *http://www.convicta.com.br/produtos/index.php?categoria=32 .* Acesso em: 22 de abril 2012.

DUARTE, Durval Jr. **Tribologia, Lubrificação e Mancais de Deslizamento.** Ciência Moderna. Belo Horizonte, 2005.

ESAB. **Apostila de Soldagem por Eletrodos Revestidos – SMAW – Apostila de curso. Belo Horizonte**: ESAB S/A. 1998.

ESAB. **Apostila de Soldagem por Processo MIG/MAG – Apostila de curso. Belo Horizonte**: ESAB S/A. s/d.

JASINSKI, A. e JUNIOR, O. R. **Modelo de Planejamento de Manutenção.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica do Paraná. Ponta Grossa, 2005.

HIGGINS, Lindley R. & MORROW, Louis. **Maintenance Engineering Handbook.** New York: McGraw Hill Book Company, 1980.

HOLCIM. **Apresenta informações sobre os tipos de cimentos e concretos.** Disponível em: <http://www.holcim.com.br/pt/produtos-e-servicos.html>. Acesso em: 05 abril de 2012.

INDUMIX. **Apresenta informações sobre os tipos de autobetoneiras de concreto.** Disponível em: < http://www.indumix.net/Br/Betoneiras-1-CP>. Acesso em: 20 abril de 2012.

LIEBHERR Brasil G.M.O. **Manual de Manutenção e Operação de Autobetoneiras HTM LIEBHERR.** Apostila de curso. Guaratinguetá: LIEBHER, 2007.

LIEBHERR Brasil G.M.O. **Manual de Dados Básicos das Autobetoneiras HTM LIEBHERR.** Apostila de curso. Guaratinguetá: LIEBHER, 2002.

LIEBHERR Brasil G.M.O. **Apresenta informações sobre os tipos de centrais e autobetoneiras de concreto.** Disponível em: <http://www.liebherr.com>. Acesso em: 04 abril 2012.

LUBRIN. **Manual de Lubrificação Industrial.** Apostila de curso. São Paulo: LUBRIN, s/d.

MACHINERY ZONE. **Apresenta informações Sobre Mini-autobetoneiras Novas e Usadas.** D*isponível em: http://www.machineryzone.pt/usado/1/autobetoneira.html,* Acesso em: 22 de abril 2012.

MENEGOTI. **Apresenta informações sobre os tipos de betoneiras manuais e portáteis**. Disponível em: < http://www.menegotti.ind.br/pt/menmaq/maq_misturadores.php. Acesso em: 22 de abril 2012.

NAKAZATO, Koichi. **Manual de Implementação do TPM. JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance)**. São Paulo, 1999.

NAGAO Sérgio A. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção. Apostila do Curso de PCM.** São Paulo: EXCELLENCE CONSULT, 2009.

NEPOMUCENO, Lauro X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1989.

ODO, Fabio. **A Importância da Filtragem.** São Paulo: HAYDAC, s/d.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos modos de falha e efeitos.** São Paulo: IMAM, 1997.

PARKER TRAINNING. **Manual de Filtragem Industrial – Apostila de curso.** Jacareí: PARKER HANNIFIN, 1999.

PARKER TRAINNING. **Manual de Hidráulica Industrial – Apostila de curso.** Jacareí: PARKER HANNIFIN, s/d.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção – teoria e prática.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

PORTAL DO CONCRETO. **Apresenta informações sobre os tipos de centrais dosadoras e misturadoras**. Disponível em: <http://www.portaldoconcreto.com.br>. Acesso em: 10 março 2012.

QGM Concrete Company. **Apresenta informações sobre os tipos de centrais dosadoras e misturadoras**. Disponível em: http://www.concretemachinery.com.pt/3b-semi-automatic-production.html. Acesso em: 01 fevereiro 2012.

ROMANO, Cezar Augusto. **Manual de Tecnologia do Concreto.** Apostila de curso. Maringá: CEFET-PR, 2004.

SENAI. **Administração da Manutenção.** Apostila de curso. São Paulo: SENAI – Frederico Jacob, 2008.

SENAI. **Organização Industrial.** Apostila de curso. São Paulo: SENAI – Roberto Simonsen, 2005.

SCHWING STETTER. **Manual de Manutenção e Operação de Autobetoneiras STETTER.** Apostila de curso. São Paulo: SCHWING STETTER, 2009.

SCHWINGSTETTER. **Apresenta informações sobre os tipos de centrais e autobetoneiras.** Disponível em: <http://www.schwingstetter.com.br>. Acesso em: 25 de maio de 2012.

SITI. **Apresenta informações sobre os tipos de autobetoneiras.** Disponível em: < http://www.siti.com.br/downloads/catalogo_betoneira.pdf. Acesso em: 25 de abril de 2012.

TELECURSO 2000. **Módulo – Manutenção. Apostila de curso.** São Paulo: FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO, 1997.

TÉCHNE. Revista do engenheiro civil. **Concreto não conforme**. São Paulo, ed.152, p.42-54, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda. 2006.

VOTORANTIM CIMENTOS-ENGEMIX – **Apresenta informações sobre concretos e serviços**. Disponível em: http://www.engemix.com.br/produtos.html Acesso em: 01 fevereiro 2012.

6. ANEXOS.

ANEXO I – Tabela Com as Especificações de Óleos para Redutores Planetários, Recomendados pela ZF.

Lubrificantes Classes 07C ZFN 13012 (motor oil)				
Viscosidade: SAE 10W - 30 / 10W - 40/ 15W - 30/ 15W - 40				
Fabricante	**Tipo**	**SAE**	**MAN**	**MB**
ADDINOL MINERALOL GMBH KRUMPA / D	ADDINOL SUPER STAR	15w40	271	228.1
ADDINOL MINERALOL GMBH KRUMPA/D	ADDINOL SUPER DIESEL	15W40	271	227.1
ARAL LUBRICANTS GMBH, BOCHUM/D	ARAL MULTITURBORAL	15W40	271	228.1
ARAL LUBRICANTS, BOCHUM/D	ARAL EXTRATURBORAL	10W40	M3275	228.3
AVIA MINERAL OL-AG, MUNCHEN/D	AVIL MULTI HDC-S	15W40		
AVIA MINERALOL-AG, MUNCHEN/D	AVIA MULTIR CFE PLUS	10W40	271	228.3
BLASER SWISSLUBE, HASLE-RUEGSAU / CH	BLASOL MHP 10W40 (BLASOL 248)	10W40		227.1
BP OIL INTERNATIONAL, LONDON / GB	VANELLUS FE EXTRA	10W40	271	228.3
BP OIL INTERNATIONAL, LONDON / GB	ECONO-VERITAS HDE	10W40		228.3
CASTROL BRASIL, RIO DE JANEIRO / BR	TURBOMAX	15W40	M3275	228.3
CEPSAL LUBRIFICANTES, MADRID / E	ERTOIL MULTIRRUTA SHPD	15W40		
CEPSA LUBRIFUCANTES, MADRID / E	CESPA SUPERMULTIGRADO SHPD	15EW40	271	
DE OLIEBRON B.V., ZWIJNDRECHT / NL	MULTIFLEER SG/SHPD	15W40	271	228.1
DE OLIEBRON B.V.,ZWIJNDRECH / NL	MIXFLEET SJ/SHPD	15W40		
FINA EUROPE SA,BRUSSEL/B	FINA KARPA TURBO DI	15W40	271	228.1
GINOUVES GEORGES SA, LA FAARLEDE / F	YORK 645	15W40		
KAPPLER KARL, STUTGART / D	SELECTOL TOP 2000 HD 15W40	15W40	271	228.1
KUWAIT PETROLUEM, EUROPOORT / NL	Q8 T 500 SAE 15W40	15W40	271	228.1
LEPRINCE + SIVEKE GMBH, HERFORD / D	LEPRINXOL S	15W40 /20W40		
LIQUI MOLY GMBH, ULM / D	THT DIESEL SPECIALOIL 15W40	15W40	271	228.1
MEGUIN GMBH, SAARLOUIS/D	MEGOL MOTORENOL HD-C3	15W40	271	228.1
MIN OL-RAFFIN. DOLBERGEN, UETZE / D	PENNASOL MULTIGRADE EXTRA C	15W40	271	227.1
NOVA STILMOIL SPA, MODENA / L	ORION SUPER PLUS 15W40	15W40		
ORLY INTERNATIONAL, VIEUX-THANN/F	ORLY MULTIDIESEL D4 LUNA	10W30 /15W40		
ORLY INTERNATIONAL, VIEUX-THANN/F	ORLY SIRIUS 3002 SAE 15W40	15W40		227.1
PAKEL MOTOR OIL, SAN BONIFACIO / I	PAKEL PKO HD SUPER 4	15W40		
PENZOIL PRODUCTS B.STORTFORD / UK	LONG-LIFE 2000 MOTOR OIL	15W40	271	228.1
PRINS-SCHULTE, FRENCHEN / D	AERO-LINE FORZA	15W40		
SCHMIERSTOFFRAFFINERIE SALZBER-GEND/D	WINTERSHALL REKORD 15/40	15W40		227.1
SHELL ASEOL AG, BERN / CH	ASEOL PERLA	15W40	271	228.1
SONOL ISRAEL., HAIFA / IL	SADOL ULTRA	15W40		
STATOIL MARKET, LUBR., NYNASHAMN/S	POWERWAY 15W40	15W40		228.1
STRUB+CO AG, REIDEN / CH	STRUB SUPER MULTI TURBO	15W40		228.1
SUN OIL COMPANY, AARTSELLAR / B	SUNOCO FORZA	15W40		227.1
TOTAL RAFFINAGE DISTR., PARIS / F	TOTAL RUBIA XT	15W40	271	228.1
UNIL DEUTSCHLAND GMBH, BREMEN / D	UNIL MEGARA RD	15W40		228.1
VEEDOL INTERNATIONAL, SWINDON / GB	VEEDOL DIESELSTAR PLUS	15W40		
YACCO SA, PIERRE-LES-ELBEUF / F	YACCO TRANSPORTO 25	15W40	271	228.1

ANEXO II – Tabela Com as Especificações de Óleos para Redutores Planetários, Recomendados pela SAUER.

Produto Marca	Tipo API	Densidade 15° C [g/ml]	Viscosidade Mm² / s		Ponto de Fulgor DIN ISO 2592 [°C]	Ponto de Fluidez DIN ISO 3016 [°C]	I.V. DIN ISO 2909
			40°C	100°C			
AGIP M*	ROTRA HY 80 W -90 GL4	0,896	140	14,3	200	- 27	96
AGIP H*	ROTRA MP 85 W -140 GL5	0,912	430	29	195	- 12	96
AGIP T*	ROTRA SX 75W -90 GL5	0,870	108	15	200	-42	145
BP H	ENERGOL GR-XP 460	0,900	460	33	250	- 12	100
BP M	ENERGOL GR-XP 220	0,900	213	18,1	240	- 18	93
BP T	ENERGOL GR - XP 68	0,895	68	8,4	220	- 30	90
BP M	Getriebeoel EP SAE90 GL4	0,907	212	18	220	- 21	93
BP T	Getriebeoel EP SAE80 GL4	0,902	100	11,3	210	- 30	98
ESSO H	Getriebeoel GP-D 140 GL4	0,908	470	28	225	- 15	83
ESSO M	Getriebeoel GP-D 90 GL4	0,905	223	17	200	- 18	83
ESSO T	Getriebeoel GP-D 80 GL4	0,900	96	10	210	- 30	80
ESSO H	SPARTAN EP 460	0,900	460	30	234	- 12	94
ESSO M	SPARTAN EP 220	0,890	210	18	224	- 21	94
ESSO T	SPARTAN EP 68	0,880	65	8,6	210	- 27	103
MOBIL H	MOBILUBE GX 140-A GL4	0,921	487	30,6	230	- 5	92
MOBIL M	MOBILUBE GX 85W-90-A	0,911	187	17,1	222	- 24	97
MOBIL T	MOBIL GX 80 W-A GL4	0,895	75,8	9,6	212	- 30	104
MOBIL H	MOBILGEAR 634	0,905	432	29	246	- 11	93
MOBIL M	MOBILGEAR 630	0,896	212	18,6	240	- 21	96
MOBIL T	MOBILGEAR 626	0,882	64	8,5	225	- 25	103
SHELL H	SPIRAX EP 140 GL4	0,922	550	33	220	- 18	90
SHELL M	SPIRAX EP 90 GL4	0,906	200	16,9	220	- 24	90
SHELL T	SPIRAX EP 80 GL4	0,889	75	9,2	195	- 33	95
SHELL H	OMALA OEL 460	0,902	470	31,6	245	- 15	98
SHELL M	OMALA 220	0,897	220	18,6	240	- 21	98
SHELL T	OMALA OEL 68	0,880	68	9	235	- 30	106

ANEXO III – Tabela Com as Especificações de Eletrodos Revestidos, conf. AWS.

Especificação	***Materiais***
A 5.1	**Aços ao Carbono**
A 5.3	**Alumínio e suas ligas**
A 5.4	**Aços inoxidáveis**
A 5.5	**Aços baixa liga**
A 5.6	**Cobre e suas ligas**
A 5.11	**Níquel e suas ligas**
A 5.13	**Revestimento (alma sólida)**
A 5.15	**Ferros fundidos**

ANEXO III - Tabela Com as Especificações de Arames MIG/MAG, conf. AWS.

Especificação	***Materiais***
A 5.10	**Alumínio e suas ligas**
A 5.7	**Cobre e suas ligas**
A 5.9	**Aços inoxidáveis e aços com alto teor de Cr**
A 5.14	**Níquel e suas ligas**
A 5.16	**Titânio e suas ligas**
A 5.18	**Aços carbono e Aços baixa liga**
A 5.19	**Magnésio e suas ligas**

ANEXO IV – Tabela com Parâmetros de Soldagem MIG/MAG – ESAB.

Variáveis de soldagem para modificar	Modificações desejadas							
	Penetração		Taxa de deposição		Tamanho do cordão		Largura do cordão	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Corrente e vel. alim. arame	↑	↓	↑	↓	↑	↓	*	*
Tensão	+	+	*	*	*	*	↑	↓
Velocidade de soldagem	+	+	*	*	↑	↓	↑	↓
Extensão do eletrodo	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑
Diâmetro do arame	↓	↑	↓	↑	*	*	*	*
Gás de proteção %CO_2	↑	↓	*	*	*	*	↑	↓
Ângulo da tocha	puxando a 25°	empurrando	*	*	*	*	empurrando	puxando

* sem efeito   + pequeno efeito   ↑ aumento   ↓ diminuição

Ajustes nos parâmetros e nas técnicas de soldagem

ANEXO V – Plano de Manutenção de Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

Parte Mecânica / Instruções de Manutenção		Intervado de Tempo						
- Uma operação com segurança de uma autobetoneira e também uma confiabilidade de que ela estará pronta para o serviço, depende de uma boa manutenção preventiva. - Quando estiver executando uma manutenção ou inspeção, observar as instruções de operação e segurança disponíveis. **Segurança é o mais importante sempre.**		10 hs ou diariamente	50 hs ou smanalmente	200 hs ou menslamente	600 hs ou a cada 3 meses	1000 hs ou a cada 5 meses	1500 hs ou a cada 6 meses	2000 hs ou anulamente
1	**Manutenção Geral**							
1.1	**Suporte Dianteiro/Traseiro** : verifique os grampos/torque nos parafusos/soldas/deformações				X			
1.2	**Quando auxiliar/fixação do pára/lama** : verifique possíveis trincas e fraturas, cauxas por fadiga		X					
1.3	**Flange do tambor/cubo do redutor**: verificar torque dos parafusos e torquear se necessário (ver tabela de torque)				X			
1.4	**Fixação do tanque de água**: verificar parafusos do suporte, bem como parafusos da cinta, aperte se necessário				X			
1.5	**Sistema pneumático**: verificar válvula de pressurização e válvula reguladora de pressão	X						
1.6	**Escada**: verificar movimento da escada, a mesma deve movimentar-se sem maior esforço, verificar sistema de trava.				X			
1.7	**Plataforma de operação e grade de proteção**: verificar fixação.				X			
1.8	**Fixador do giro da calha**: verificar se tem suficiente efeito mola, verificar se a calha está bem fixa.				X			
1.9	**Verificar os cabos e alavancas/cremalheira:** da bomba e aceleração: ajustar e engraxar.				X			

1.10	**Start/Stop Equipament:** com o motor em marcha lente e o freio de mão acionado, acelere e pare.				X			
1.11	**Sistema elétrico:** checar todas as funções, cabos, sem dobras, semp pontos de atrito.				X			
1.12	**Verificação Geral**	X						
2	**Sistema Hidraúlico**							
2.1	1ª. troca do filtro do sistema hidralico Sauer		1ª. troca			X		
2.2	**Tanque de Óleo:** verificar o nível do óleo hidraúlico.	X						
2.3	Óleo: trocar óleo e filtro do sistema ZF (temperatura de trabalho)		1ª. troca			X		
2.4	Óleo: trocar óleo e filtro do sistema SAUER (temperatura de trabalho)		1ª. troca			X		
2.5	**Trocador de calor:** verificar a ventoinha visualmente certicar-se de que está retirando calor.	X						
2.6	**Mangueiras hidarúlicas e conexões:** verificar aperto e pontos de fricção.				X			
2.7	**Bomba hidraúlica e motor:** verificar fixação.			X				
2.8	Troca do óleo da bomba e do redutor		1ª. troca			X		
3	**Redutor**	X						
3.1	Verificar nível de óleo	X						
3.2	**Trocas de óleo e elemento do filtro:** na temperatura de trabalho, verificar fixação		1ª. troca			X		
3.3	**Fixação do redutor no suporte:** verificar torque				X			
4	**Tambor e calhas de descarga**							
4.1	**Pista de rolamento:** graxa com grafite de petróleo antiaderente.	X						
4.2	**Rolo de apoio:** lubrificar.			X				
4.3	Verificar alinhamento dos rolos com a pista e verificar folga nos rolamentos.						X	
4.4	**Verificar tambor se não há danos, desgaste. Verificar espessura.**						X	
4.5	**Verificar as hélices e desgaste da proteção.**						X	
4.6	**Calha de descarga/descarga e bica de descarga:** verificar desgaste.			X				

ANEXO VI – Plano de Manutenção de Autobetoneiras HTM – LIEBHERR.

	Diária	Semanal	Com 200 horas, 30 dias ou 3.000 km	A cada 10.000 km, 6 meses ou 1200 horas	
Eixo cardan		Engraxar			*Engraxar*
Roletes de apoio	Engraxar				
Pista de rolamento	Engraxar (Se necessário)				
Fuso de articulação					
Suporte giratório				Engraxar	
Redutor Trasmital		Engraxar		Engraxar	
Folga dos rolamentos do rolete			Ajustar, se necessário	Ajustar, se necessário	*Retorquear*
Fixação do redutor			Retorquear (530 Nm)	Retorquear (530 Nm)	
Fixação do tambor ao redutor			Retorquear (205 Nm)	Retorquear (205 Nm)	
Fixação do tanque d'água			Retorquear (260 Nm)	Retorquear (260 Nm)	
Fixação da estrutura ao chassi			Retorquear (190 Nm)	Retorquear (190 Nm)	
Fixação das bases (Roletes e do redutor)			Retorquear (280 Nm)	Retorquear (280 Nm)	
Elemento Filtrante			Efetuar troca	Efetuar troca	*Trocar/ Inspecionar*
Óleo hidráulico – SAE 68	Completar (Se necessário)		Efetuar troca	Efetuar troca	
Óleo redutor-SAE 90 ou 80W140 *			Efetuar Troca	Verificar nível	
Radiador de óleo				Inspecionar/limpar	
Ventilador do radiador				Inspecionar funcionamento	
Sensor termostático				Inspecionar funcionamento	
Giro do tambor em 16 rpm			Regular, se necessário	Regular, se necessário	

* Trocar óleo do redutor a cada 30.000 km

ANEXO VII – Síntese de Plano de Manutenção de Autobetoneiras HTM – LIEBHERR.

SINTESE DE MANUTENÇÃO BÁSICA

SEMANAL

- Eixo cardan: Engraxar
- Roletes de apoio: Engraxar
- Pista de rolamento: Engraxar (se necessário)
- Redutor (se Trasmital): Engraxar
- Óleo hidráulico: Inspecionar (completar se necessário)

APÓS 30 DIAS OU 200 HORAS OU 3.000 KM

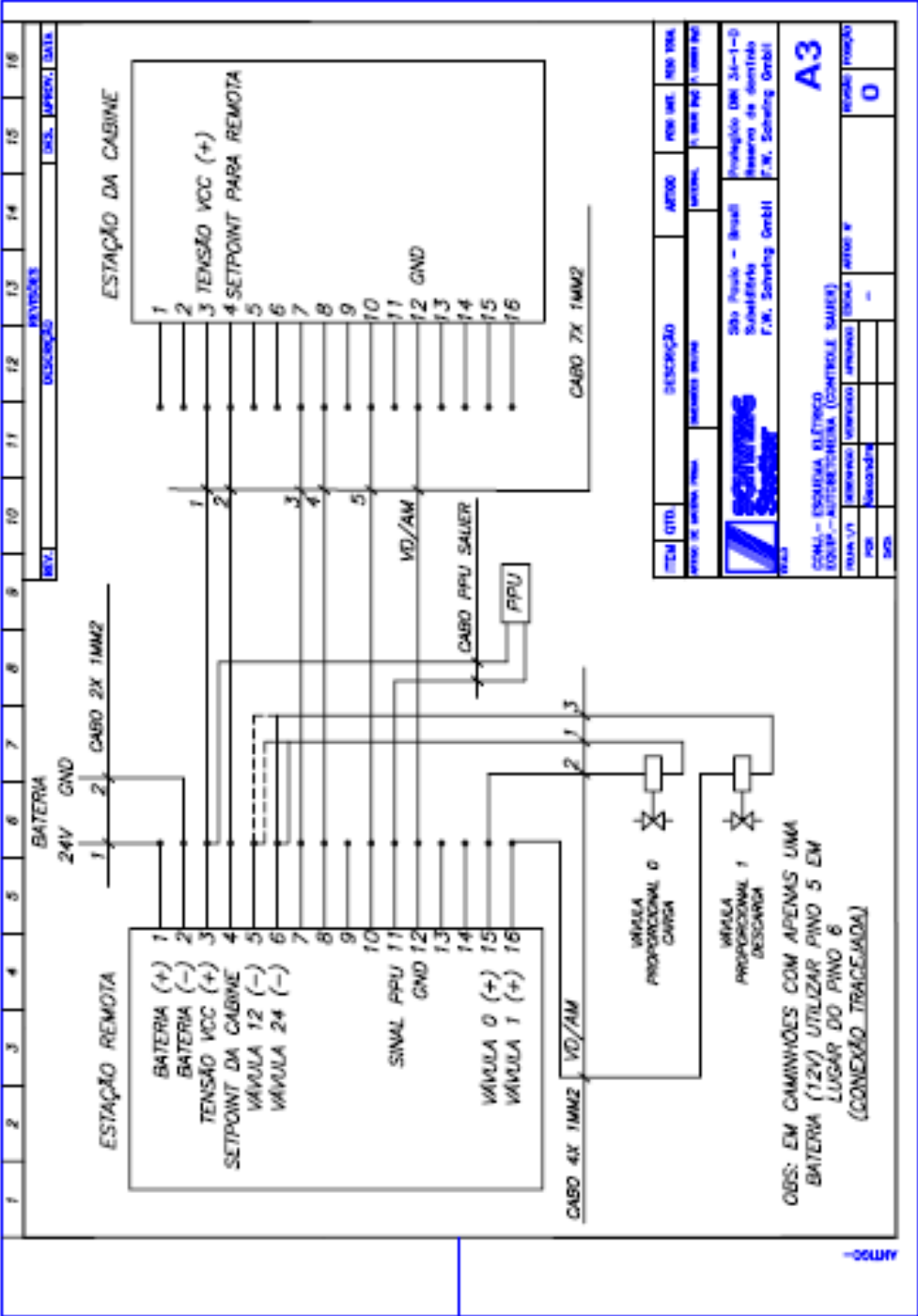
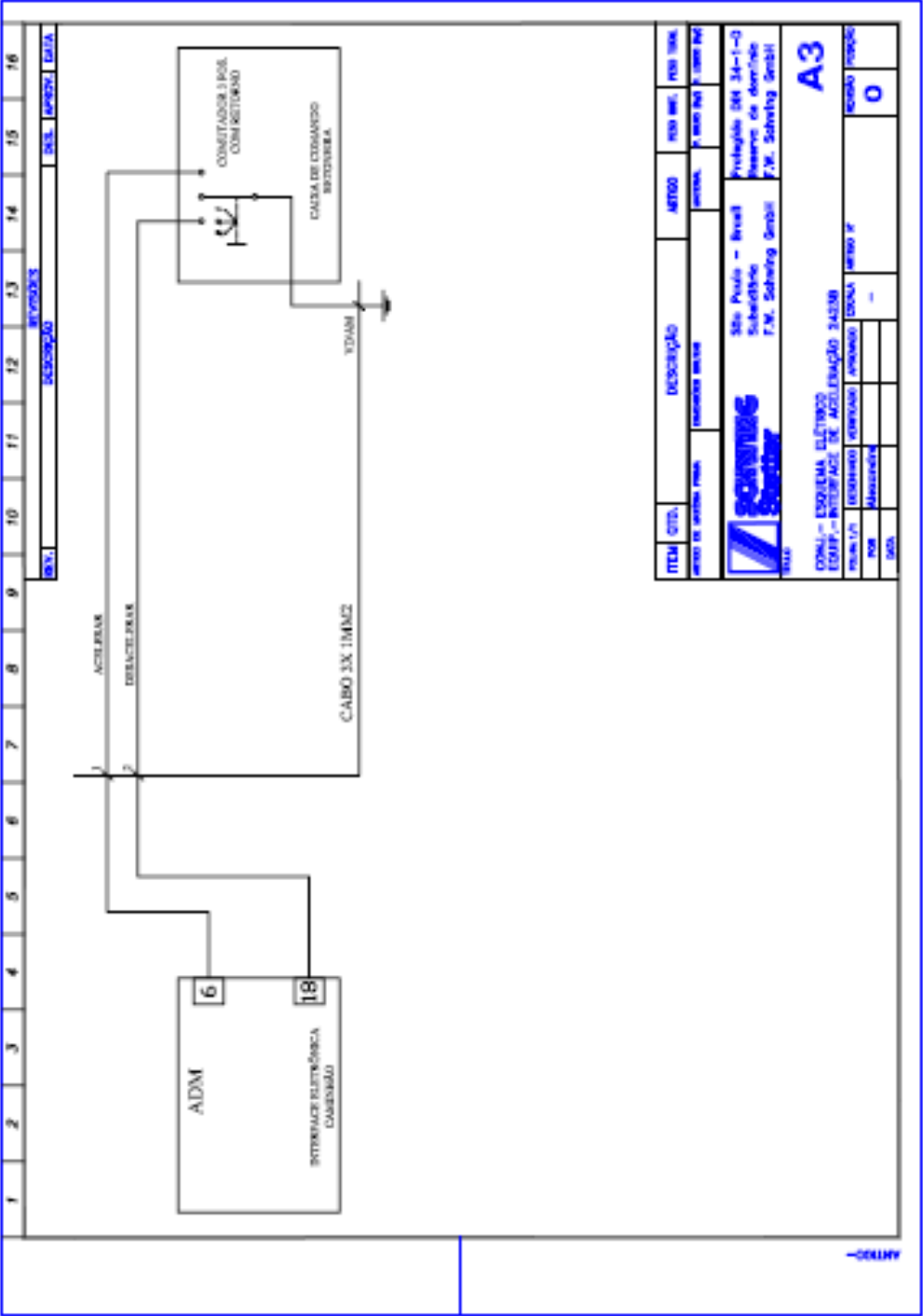
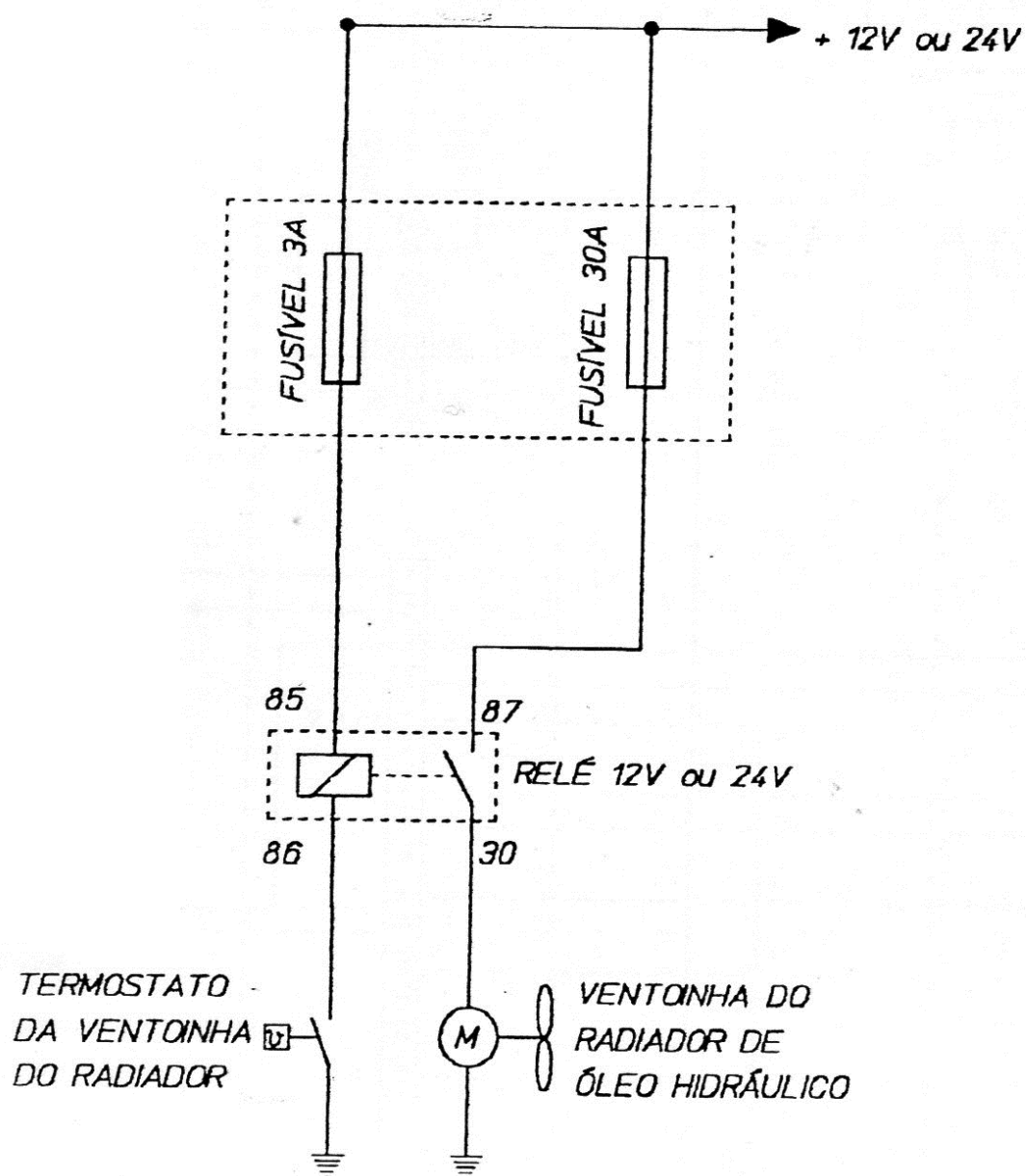
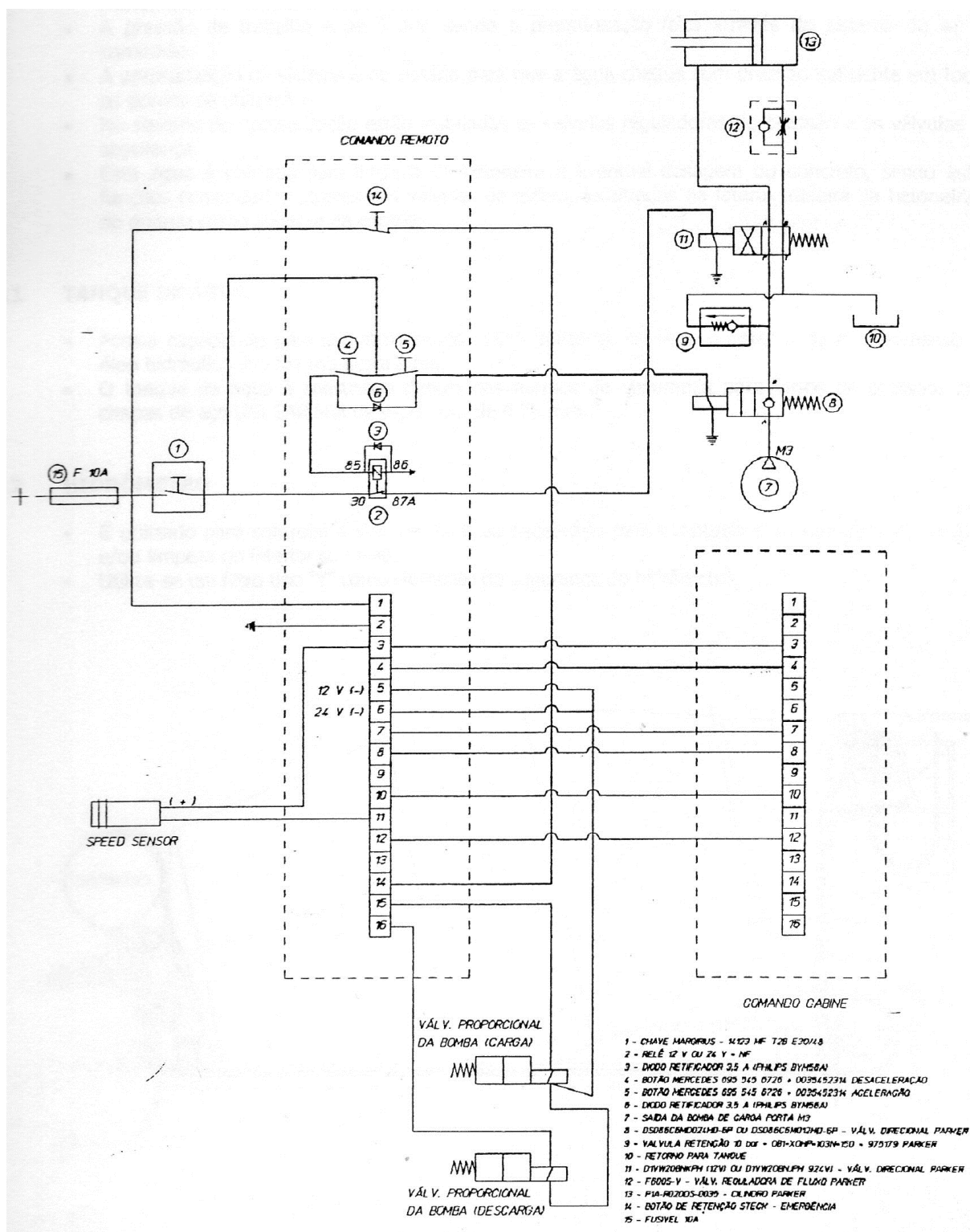
- Fixação do redutor: Retorquear (530 Nm)
- Fixação do tambor do redutor: Retorquear (205 Nm)
- Fixação do tanque d'água: Retorquear (260 Nm)
- Fixação da estrutura do chassi: Retorquear (190 Nm)
- Fixação das bases: Retorquear (280 Nm)
- Elemento filtrante: Trocar
- Óleo hidráulico: Trocar
- Óleo do redutor: Trocar (trocar a cada 30.000 km)

APÓS 6 MESES OU 10.000 KM

- Fuso de articulação da bica de descarga: Engraxar
- Suporte giratório: Engraxar
- Fixação do redutor: Retorquear (530 Nm)
- Fixação do tambor do redutor: Retorquear (205 Nm)
- Fixação do tanque d'água: Retorquear: (260 Nm)
- Fixação da estrutura do chassi: Retorquear (190 Nm)
- Fixação das bases: Retorquear (280 Nm)
- Elemento filtrante: Trocar
- Óleo hidráulico: Trocar
- Óleo do redutor: Verificar o nível (trocar a cada 30.000 km)
- Radiador de óleo: Inspecionar / limpar
- Ventilador do radiador: Inspecionar o funcionamento
- Sensor termostático: Inspecionar o funcionamento

ANEXO VIII – Plano de Avaliação de Vida Útil dos Componentes Principais de Autobetoneiras LIEBHERR.

Modelo	HTM-604	HTM-704	HTM-804
Capacidade	6 m^3	7 m^3	8 m^3
PRIMEIRO CICLO	m^3	m^3	m^3
- Reforçar a palheta	6.250	7.500	8.750
- Trocar a palheta	12.500	15.000	17.500
- Reforçar a palheta	18.750	22.500	26.250
- Trocar o corpo do tambor	25.000	30.000	35.000
SEGUNDO CICLO	m^3	m^3	m^3
- Reforçar a palheta	31.250	37.500	43.750
- Trocar a palheta	37.500	45.000	52.500
- Reforçar a palheta	43.750	52.500	61.250
- Final de vida útil	50.000	60.000	70.000

ANEXO IX – Esquema Eletroeletrônico de Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

ANEXO X – Esquema Eletroeletrônico de Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

ANEXO XI – Esquema Eletroeletrônico de Autobetoneiras HTM – LIEBHERR.

ANEXO XII – Esquema Eletrohidráulico de Autobetoneiras HTM – LIEBHERR.

ANEXO XIII – Ilustração das Faixas de Rotação e Demais Funções do Comando Eletroeletrônico de Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

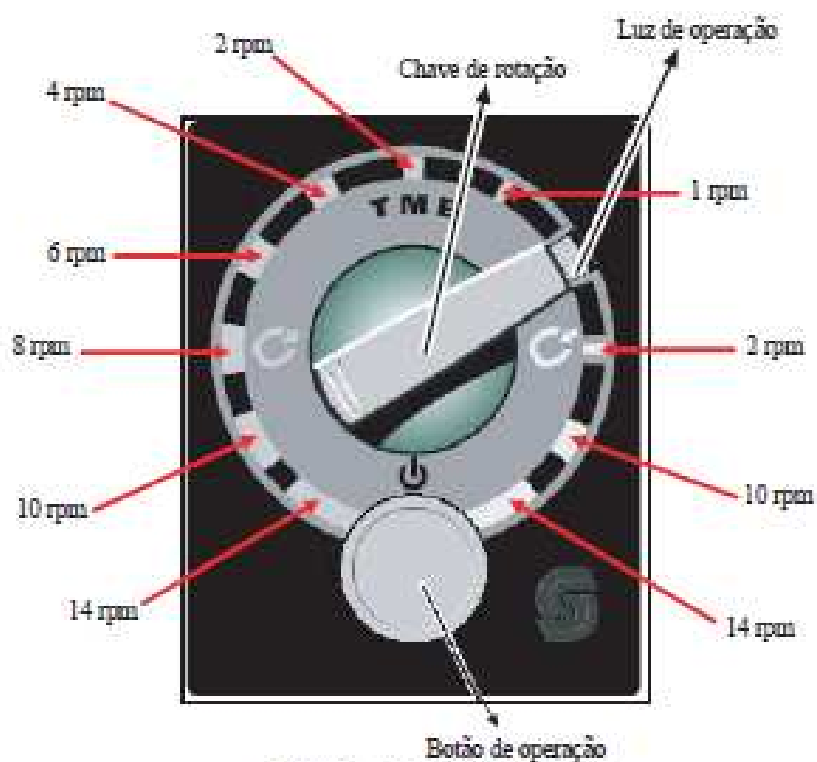
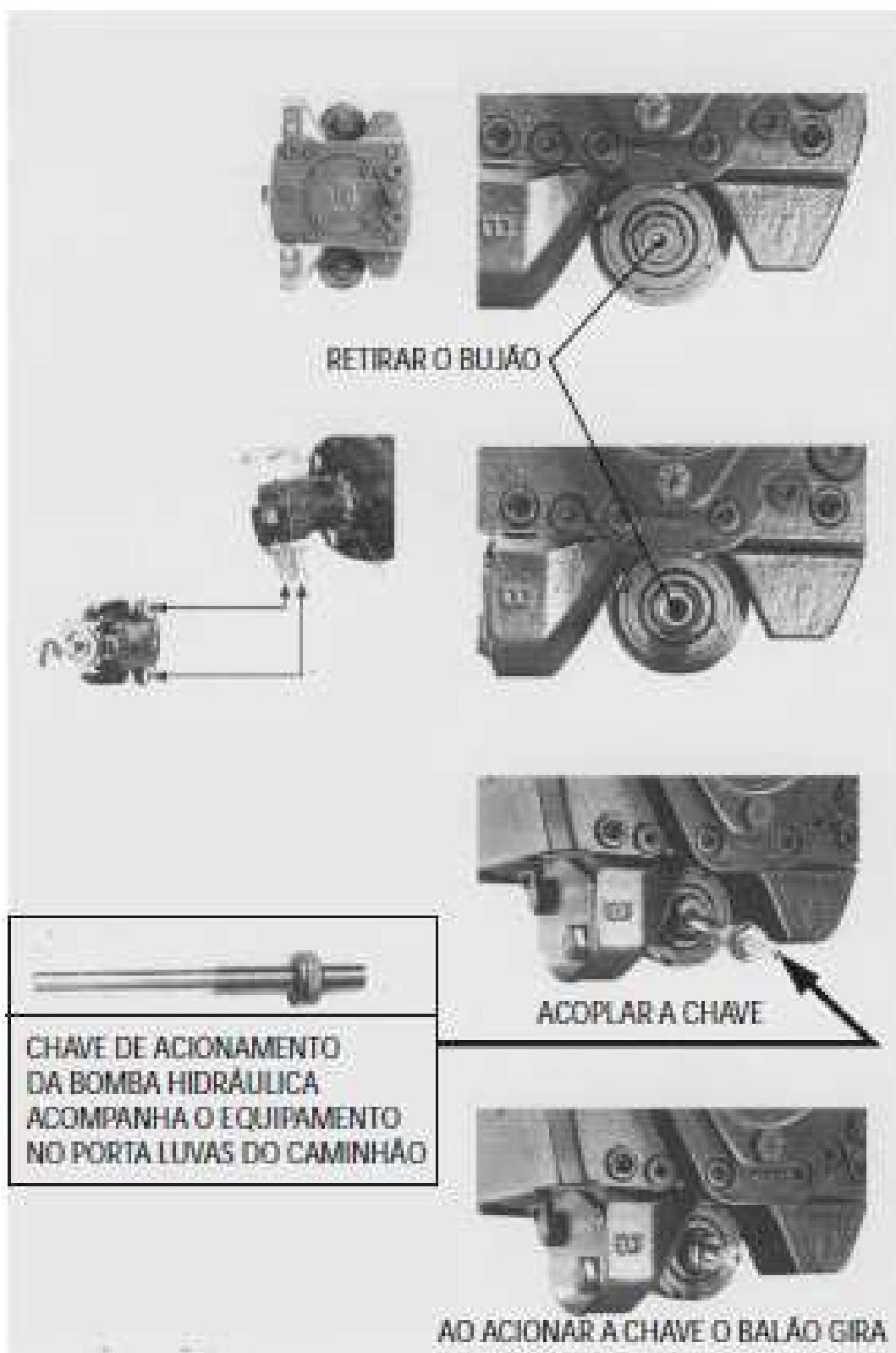



Figura 3 – Aparência do TME

Os simbolos utilizados no TME estão descritos na abaixo.

ANEXO XIV – Esquema de Isolamento em Caso de Panes Eletroeletrônicas de Autobetoneiras FH e SH, com Redutores SAUER – SCHWING STETTER.

ANEXO XV – Tabela de Referência de Índice de Sujidade (Classe de Contaminação) de Acordo com os Sistemas – HYDAC.

Classe de Contaminação NAS 1638	Classe de Contaminação ISO 4406	N.º Máximo de Partículas em 100ml	Tipo de Sistema	Filtragem Recomendada micron
	$\geq$4µm / $\geq$ 6µm/ $\geq$ 6µm	$\geq$4µm / $\geq$ 6µm/ $\geq$ 6µm		$\beta_x \geq 200$
$\leq$ 4	15/13/10	32.000 /8.000/1000	Sistemas Sensíveis de alta confiabilidade (laboratório Aeroespacial)	2 - 3
5	16/14/11	64.000/ 16.000/2.000	Servovalvulas e válvulas proporcionais Sistemas de alta pressão	3 - 5
6	17/15/12	130.000/32.000/4.000		
7	18/16/13	250.000/64.000/8.000	Bombas de volume variável pistões e palhetas	5 - 10
8	19/17/14	500.000/ 130.000/16.000		
9	20/18/15	1×10^6 /250.000/32.000	Eletroválvulas, válvulas de pressão e bombas fixas	10 - 20
10	21/19/16	2×10^6/ 500.000/64.000		
11	22/20/17	4×10^6 /1×10^6 /130.000	Sistemas de baixa pressão com grandes folgas	20 - 40
12	23/21/18	8×10^6 /2×10^6 / 250.000	Oleo hidráulico no fornecimento Ex. VG68	

ANEXO XVI – Tabela de Equivalência dos Índices de Sujidade (Classe de Contaminação) ISO x NAS – PARKER HANNIFIN.

Tabela de Correlação dos Níveis de Limpeza					
	Partículas/ Mililitros				
Cód. ISO	≥ 2 Microns	≥ 5 Microns	≥ 15 Microns	NAS 1638 (1964)	SAE Nível (1963)
23/21/18	80.000	20.000	2.500	12	–
22/20/18	40.000	10.000	2.500	–	–
22/20/17	40.000	10.000	1.300	11	–
22/20/16	40.000	10.000	640	–	–
21/19/16	20.000	5.000	640	10	–
20/18/15	10.000	2.500	320	9	6
19/17/14	5.000	1.300	160	8	5
18/16/13	2.500	640	80	7	4
17/15/12	1.300	320	40	6	3
16/14/12	640	160	40	–	–
16/14/11	640	160	20	5	2
15/13/10	320	80	10	4	1
14/12/9	160	40	5	3	0
13/11/8	80	20	2.5	2	–
12/10/8	40	10	2.5	–	–
12/10/7	40	10	1.3	1	–
12/10/6	40	10	.64	–	–

ANEXO XVII – Tabela com Valores de Torque para Parafusos, Porcas e Tirantes em "U", da Superestrutura de Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

Limite de Torque para parafuso em Nm	Rosca Métrica ISO DIN 13			Rosca Métrica Fina ISO DIN 13		
	Tamanho	8.8	10.9	Tamanho	8.8	10.9
Coeficiente de atrito entre o parafuso e a porca 0,14 sem tratameto superficial, bem como fosfatização nas porcas. Se não houver nenhuma indicação em contrário, utilizar torque da tabela ao lado.	M6	10	10	M8 X 1	27	38
	M8	25	25	M10 X 1,25	52	73
	M10	49	49	M12 X 1,25	95	135
	M12	86	86	M12 X 1,5	90	125
	M14	135	135	M14 X 1,5	150	125
	M16	210	210	M16 X 1,5	225	315
	M16	210	210	M 16 X 1,5	225	315
	M 18	290	290	M 18 X1,5	325	460
	M 20	410	410	M 20 X 1,5	460	640
	M 22	550	550	M 22 X 1,5	610	860
	M 24	710	710	M 24 X 3	780	1100
	M 27	1050	1050	M 27 X 2	1150	1600
	M 30	1450	1450	M 30 X 2	1600	2250

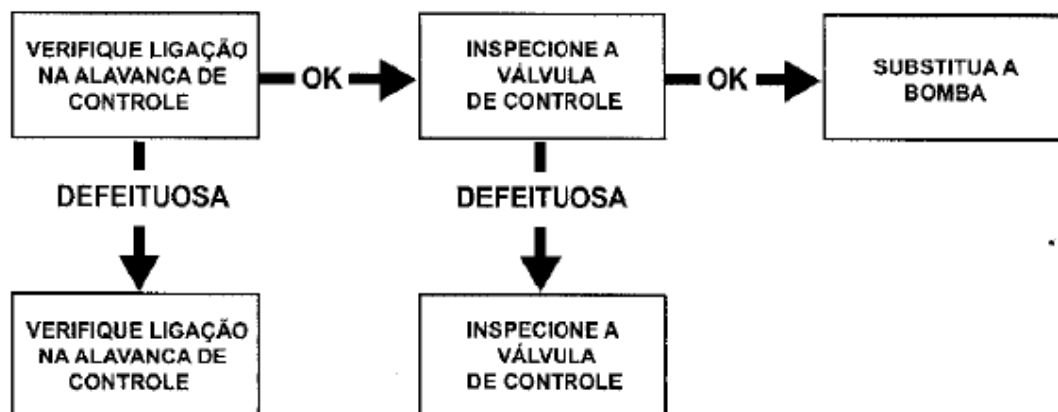
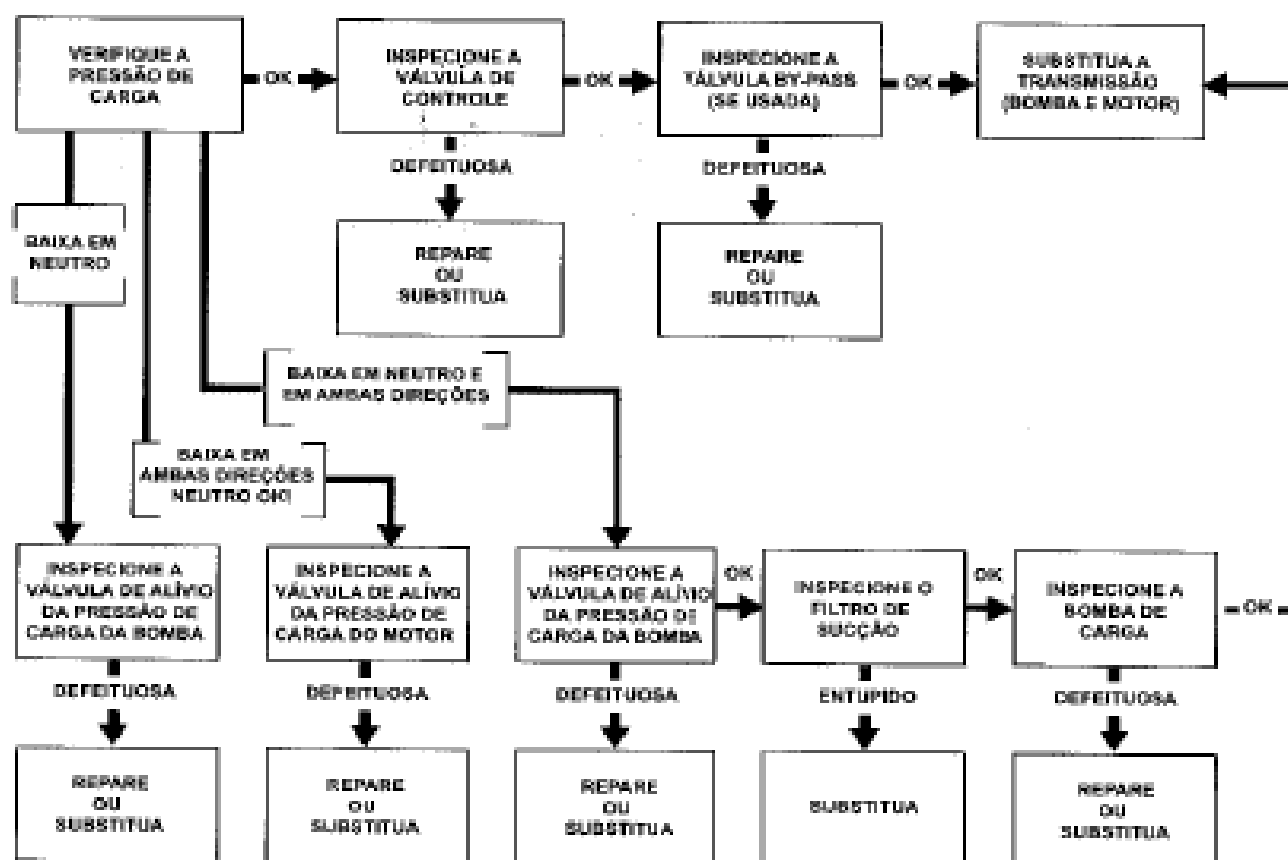
<table>
<tr><th>Capacidade Nominal m3</th><th colspan="5">Torque em Nm</th></tr>
<tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4 ... 12</td><td>380 (8.8)</td><td></td><td colspan="2"></td><td rowspan="2">280 (10.9)</td></tr>
<tr><td>420 (10.9)</td><td>420 (10.9)</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>4 ... 7</td><td></td><td></td><td colspan="2">300</td><td></td></tr>
<tr><td>8 ... 10</td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="2">360</td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td></td><td>750 (10.9)</td><td></td></tr>
</table>

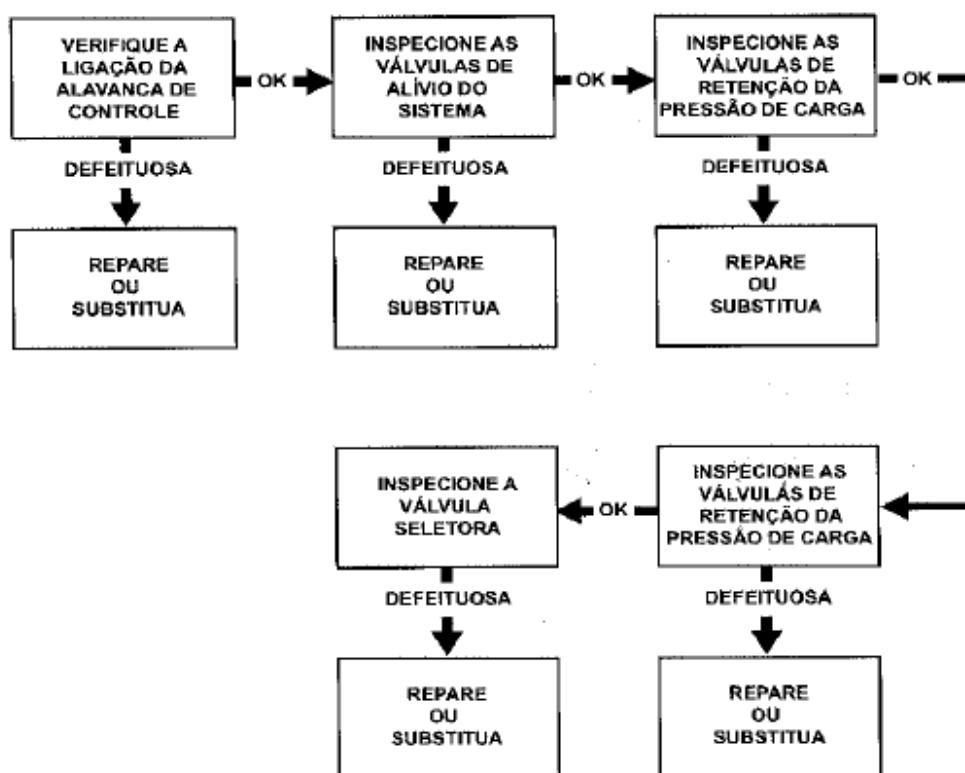
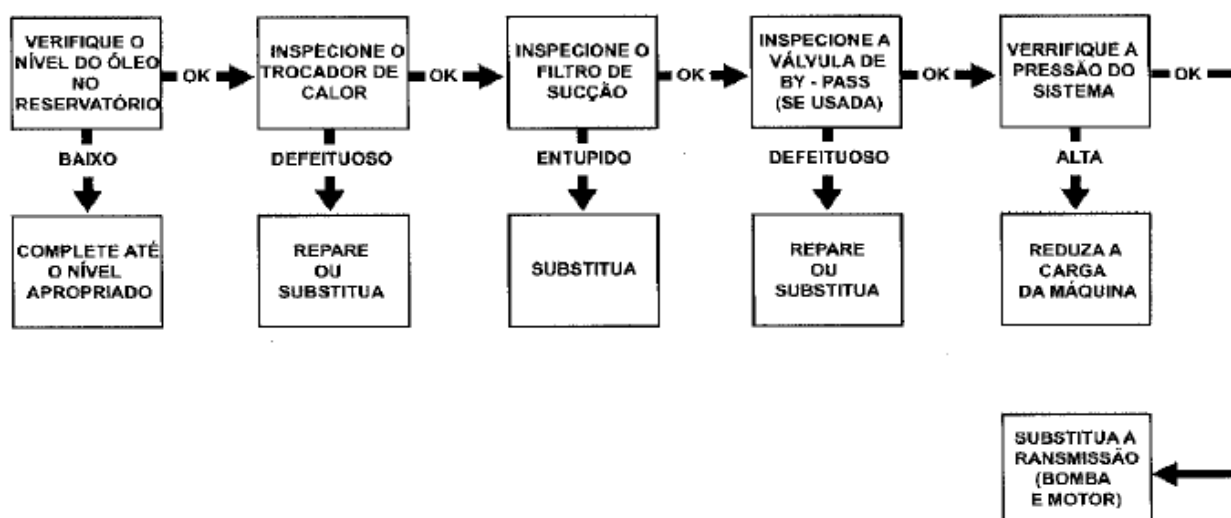
Atenção: Insira a arruela (DIN 6916) enre o parafuso e a porca (também nos parafusos em "U" nas posições 2, 3, 4). Acrescente arruela DIN 7349 abaixo da cabeça do parafuso na fixação 1.

ANEXO XVIII – Tabela de Referência de Tubos e Mangueiras, Utilizados em Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

Ítem Nº Pag. 6 e 7	Séries	Diâmetro Interno		OBS
		mang.	tubo	
6 Linha de sucção	20 , 21 22 , 23 24 , 25 26 , 27	3/4" 1"	3/4" - 20 mm 1" - 26mm	1" Padrão SAE 100 R4 quando usar bomba de carga acima de 1.6 cu.in./rev. 1 1/4" Padrão SAE 100 R4 quando usar bomba de carga acima de 4 cu.in./rev.
7 - 8 - 11 Linha de dreno	20 , 21 , 22 23 , 24 25 , 26 27	5/8 " 1" 1 1/2"	5/8 - 16 mm 1" - 26 mm 11/2" - 38 mm	Todos os tamanhos de mangueiras padrão SAE 100 R3 ou equivalente.
9 Linha de alta pressão	20 , 21 , 22 23 , 24 25 , 26 , 27	1" 1 1/2"	1" - 26 mm 11/2" - 38 mm	Todas as mangueiras de 4 tramas de aço no mínimo
13 Linha de pressão de controle do motor	Todas as séries	1/4"	1/4" - 6 mm	Mangueira no padrão SAE 100 R1 ou equivalente.

ANEXO XIX. – *Troubleshooting* dos Principais Defeitos e Soluções Encontrados em Autobetoneiras FH e SH – SCHWING STETTER.

DIFICULDADE OU IMPOSSIBILIDADE DE ACHAR O NEUTRO

SISTEMA RESPONDE MUITO LENTAMENTE

SISTEMA NÃO OPERA EM AMBAS DIREÇÕES
VERIFIQUE NÍVEL DE ÓLEO NO RESERVATÓRIO
OK
VERIFIQUE A LIGAÇÃO DE ALAVANCA DE CONTROLE
OK
INSPECIONE A VÁLVULA BY-PASS (SE USADA)
OK
VERIFIQUE A PRESSÃO DE CARGA
OK
BAIXA
COMPLETE ATÉ O NÍVEL APROPRIADO
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
BAIXA EM NEUTRO E EM AMBAS DIREÇÕES
BAIXA EM NEUTRO
BAIXA EM AMBAS DIREÇÕES OK EM NEUTRO
INSPECIONE A BOMBA DE CARGA
OK
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
INSPECIONE O FILTRO DE SUCÇÃO
ENTUPIDO
SUBSTITUA
INSPECIONE A VÁLVULA DE ALÍVIO DA PRESSÃO DE CARGA NA BOMBA
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
INSPECIONE A VÁLVULA DE ALÍVIO DA PRESSÃO DE CARGA NO MOTOR
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
SUBSTITUA A TRANSMISSÃO (BOMBA E MOTOR)
OK
INSPECIONE A VÁLVULA DE CONTROLE
OK
INSPECIONE O PRESSURE OVERRIDE (SE USADA)
BAIXAR
VERIFIQUE A PRESSÃO DO SISTEMA
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA
DEFEITUOSA
REPARE OU SUBSTITUA

SISTEMA OPERA EM APENAS UMA DIREÇÃO

SISTEMA OPERA QUENTE

ANEXO XX. – Esquema Hidráulico Simples de um Conjunto de Bomba Hidráulica de Pistões Axiais e Motor Hidráulico de Pistões Axiais SUNDSTRAND HYDRO.